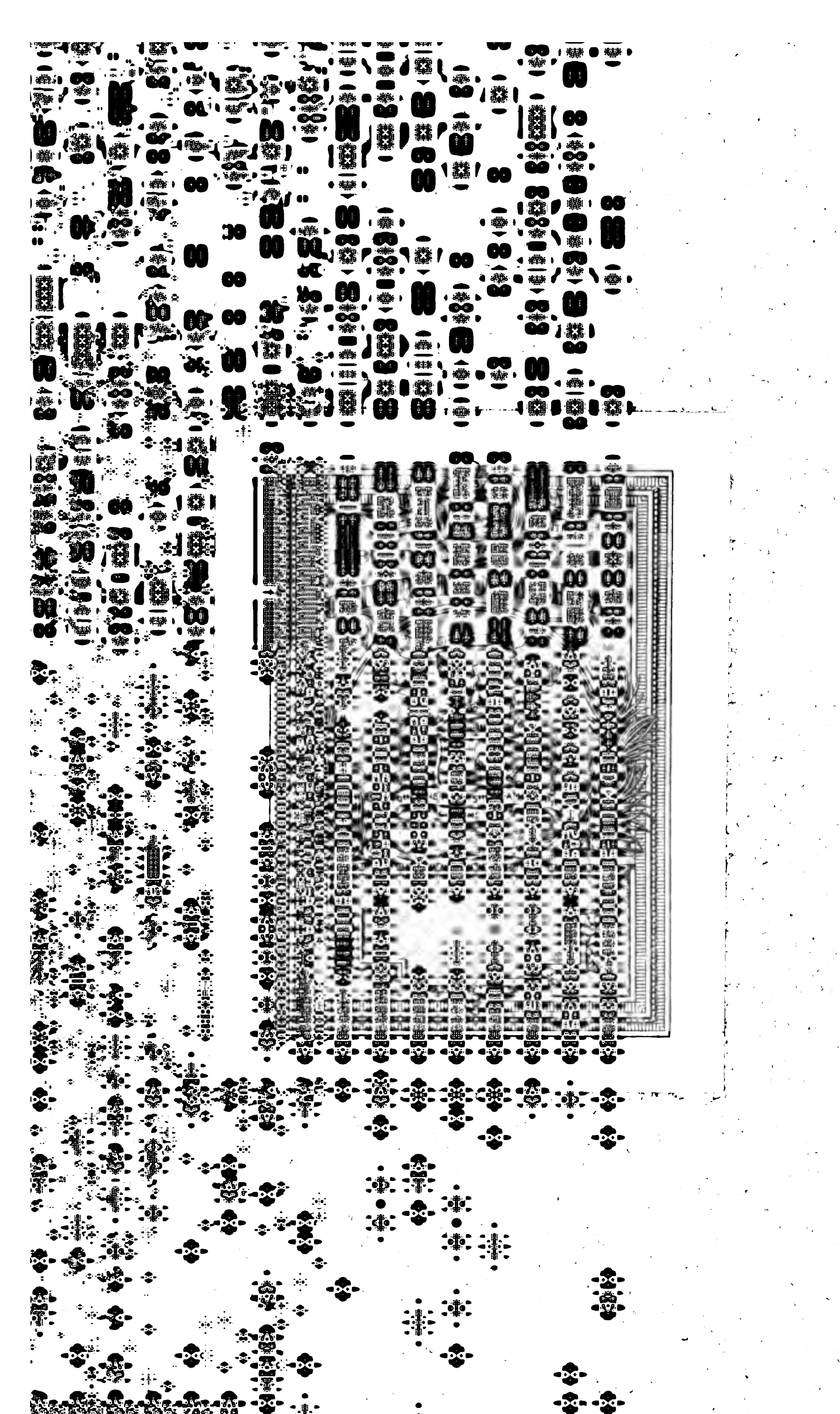
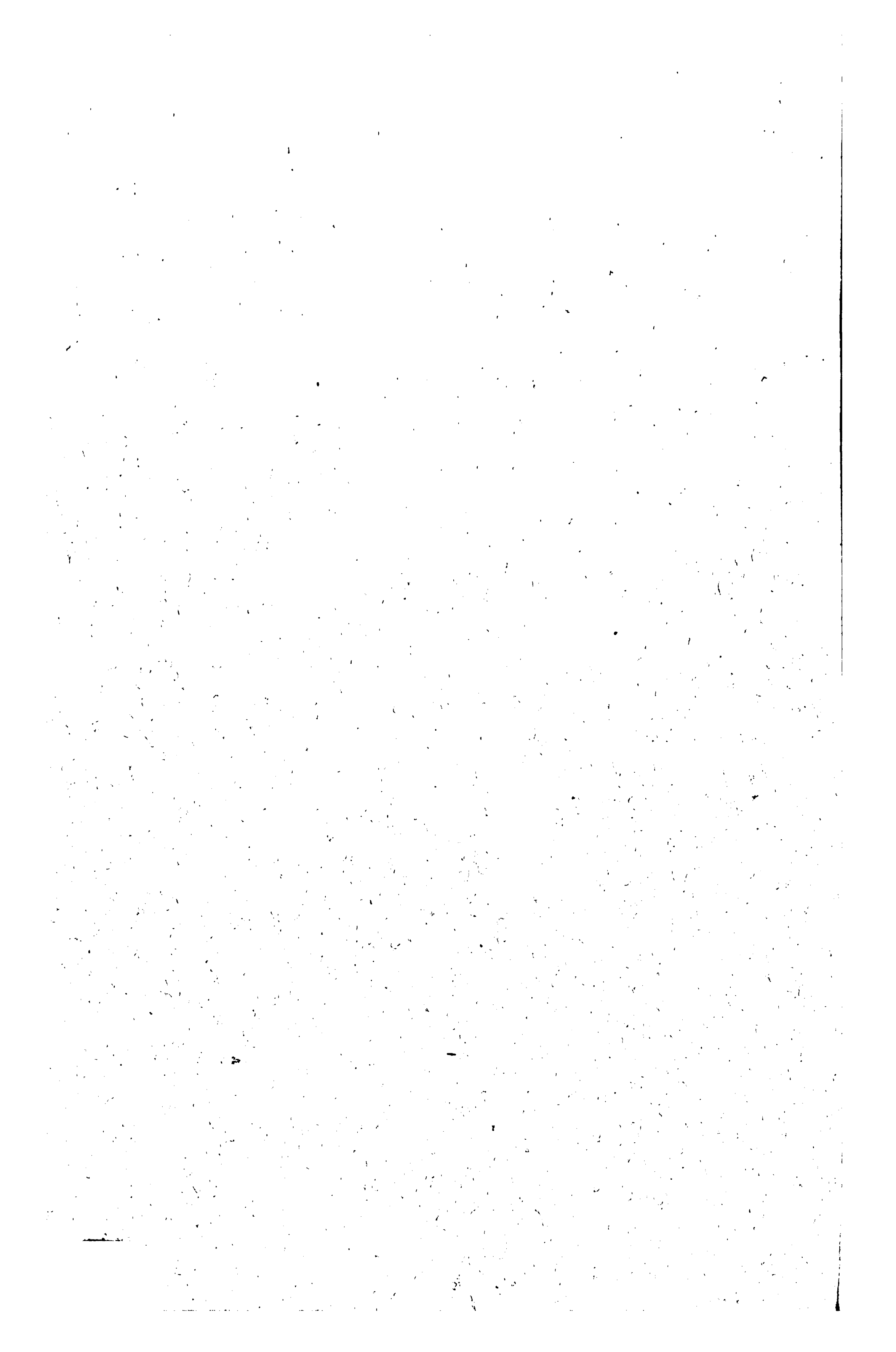
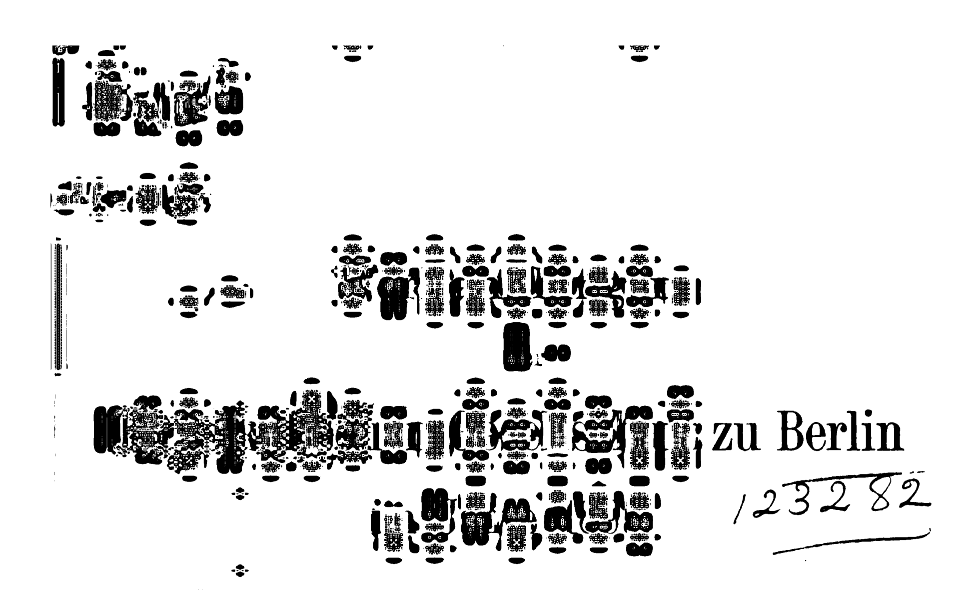
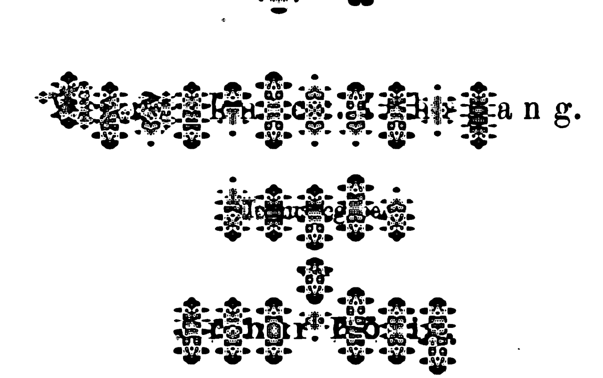
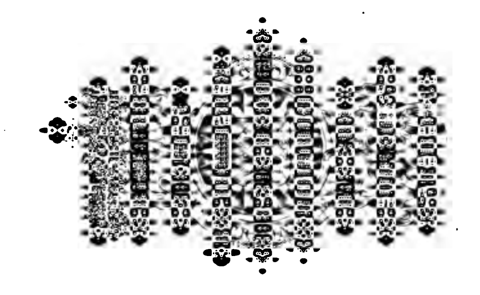
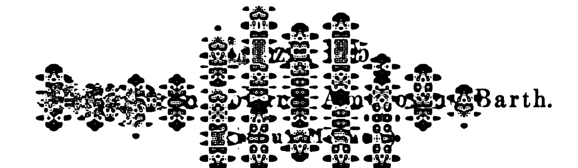





zu Berlin
123282






Barth.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Inhaltsverzeichniss *).

---

*) Ueber die mit einem * versehenen Vorträge ist kein Referat gegeben.

14

Zur Fortsetzung!

Herrn ....

....

In den letzten 3 Jahren erhielten Sie die „Verhandlungen der physikalischen Gesellschaft zu Berlin“ als Gratis-Beilage zu den „Annalen der Physik und Chemie“. Da das Material für diese Zeitschrift aber zu gross geworden ist, werden die

Verhandlungen der physikalischen Gesellschaft zu Berlin

von 1895 (Jahrgang 14) wieder, besonders berechnet, im Verlage von Johann Ambrosius Barth in Leipzig erscheinen und wir erlauben uns die soeben erschienene Nummer 1 des neuen Jahrgangs Ihnen zur Fortsetzung zu senden. Der Preis ist, in der Annahme dass der Umfang 10 Bogen nicht überschreiten wird, auf 4 Mark für den Jahrgang festgesetzt.

Wir bitten um Rücksendung der Nummer, falls Sie aus irgend einem Grunde die Fortsetzung nicht wünschen.

Mit vorzüglicher Hochachtung

Jahrg. 14. Nr. 1.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

Sitzung vom 11. Januar 1895.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **M. Altschul** (als Gast) sprach

Ueber die kritische Temperatur als Kriterium der chemischen Reinheit

und machte im Anschluss daran

einige weitere Mittheilungen aus dem Institut Raoul Pictet.

Es ist Ihnen, meine Herren, wohl bekannt, dass schon vor längerer Zeit Hr. Prof. Raoul Pictet aus Genf in Berlin ein Laboratorium für wissenschaftliche und technische Versuche mit der von ihm erfundenen Kältemaschine begründet hat. Es ist dieselbe Maschine, durch welche es ihm im Jahre 1877 gelang, die bis dahin nur als Gase bekannten Elemente Sauerstoff und Wasserstoff in den flüssigen Zustand überzuführen. Im Jahre 1891 hat Hr. Prof. Pictet selbst vor Ihrem hochgeschätzten Kreise über die Einrichtung seines Laboratoriums berichtet, ich werde daher auf diesen Punkt nicht näher eingehen, erlaube mir nur den Grundgedanken dieser Erfindung, durch welche wir eine wesentlich neue Auffassung der Beziehung zwischen dem Gas- und Flüssigkeitszustande gewonnen haben, in Erinnerung zu bringen.

Das Princip der Kälteerzeugung beruht auch in der Kältemaschine Pictet auf dem Verbrauch von Wärme bei dem Verdunsten von Flüssigkeiten. Der Weg, welchen Pictet zur Erreichung der äusserst niedrigen Temperatur benutzt, ist ein stufenartiger; er erzeugt gewissermassen auf verschiedenen Etappen immer niedrigere Temperaturen. Die Scala der erreichten Kältegrade, d. h. der Unterschied zwischen der herrschenden und der bisher erzeugten äusserst tiefen Temperatur

ist in drei Abschnitte getheilt, deren jedem eine besondere Maschinenanlage entspricht; wir arbeiten also in drei Cyklen.

Der erste Cyklus arbeitet vermittelst der Verdampfung der „Flüssigkeit Pictet" — einer Mischung von schwefliger Säure und Kohlensäure. Die Flüssigkeit wird durch eine Dampfmaschine in einen Verdampfungsraum gepumpt; zu gleicher Zeit werden durch dieselbe Maschine die Dämpfe abgezogen, wodurch die Temperatur bis auf -90^0 erniedrigt werden kann. Die abgezogenen Dämpfe werden in einem Condensator unter einem Drucke von 2 Atm. von neuem verflüssigt und dem Verdampfungscylinder wieder zugeführt. Der ganze Kreislauf ist also geschlossen und arbeitet ohne merklichen Verlust. Innerhalb des Verdampfungscylinders befindet sich ein cylinderförmiger Kühlraum, in dem die Körper, die man der Kälte aussetzen will, hineingebracht werden.

Nach ganz denselben Grundsätzen wird in dem zweiten Cyklus verfahren, in welchem wir verflüssigtes Stickoxydul (N_2O) verdampfen lassen. Es ist dies das Gas, das unter dem Namen Lachgas in der kleinen Chirurgie angewendet wird; es wird aus einem Gasometer durch Röhren geleitet, die mittelst des ersten Cyklus schon bis auf -80^0 vorgekühlt sind. Bei dieser Temperatur und bei einem Drucke von 10—12 Atm. wird Stickoxydul verflüssigt und in den Refrigrator geleitet. In diesem wird es ganz analog der „Flüssigkeit Pictet" im ersten Cyklus durch eine Luftpumpe wieder verdampft, wodurch die Temperatur bis -140^0 fällt. Die Gase werden wieder in den Gasometer geleitet, sodass auch hier durch den Kreislauf keine Verluste entstehen.

Im dritten Cyklus arbeiten wir mit verflüssigter Luft; die Luft wird durch den zweiten Cyklus bis auf -140^0 vorgekühlt und durch eine Handdruckpumpe bei 200 Atm. verflüssigt. In einem stahlblauen Strahl sehen wir die verflüssigte Luft aus dem Stahlcylinder austreten, und indem sie im Freien verdampft, erniedrigt sich die Temperatur bis auf -213^0. In Paris richtet augenblicklich Prof. Pictet ein Laboratorium ein, in welchem auch dieser dritte Cyklus mit Dampfmaschinen getrieben wird; die verflüssigte Luft wird im Vacuum abgedampft werden. Wir hoffen uns dann dem absoluten Nullpunkte noch um einige Grade zu nähern.

Mit grosser Bequemlichkeit kann man auf diese Weise Beobachtungen bei den tiefsten Temperaturen anstellen. Im Laufe der Zeit haben sich die Versuche im Institut Raoul Pictet auf eine ganze Reihe verschiedener Gebiete ausgedehnt und ein weites Feld von neuen Erscheinungen hat sich erschlossen. Diese Versuche, welche nach wissenschaftlicher wie auch industrieller Richtung ausgeführt werden, sind von besonderem Interesse, da bei diesen Untersuchungen fortwährend neue unerwartete Erscheinungen auftreten.

Es sind Ihnen, meine Herren, wohl die Versuche Pictets bekannt, welche gezeigt haben, dass

> chemische Reactionen, die bei gewöhnlicher Temperatur stattfinden, ihren Dienst bei tiefen Temperaturen versagen, und dass Körper mit grösster Wahlverwandtschaft bei hoher Kälte im innigsten Contact bleiben, ohne sich zu vereinigen.

Ich brauche nur an das Metall Natrium zu erinnern. Dies Metall reagirt bekanntlich sehr heftig bei gewöhnlicher Temperatur mit Wasser und noch viel stärker mit wässerigen Lösungen von Säuren. Kühlt man aber das Natrium bis auf -80^0 ab, so bleibt es ruhig und unbeweglich in Salzsäure liegen, die ebenfalls auf diese Temperatur erniedrigt worden ist. Marmor und alle Metalle Zink, Kupfer, Zinn, Eisen etc. verhalten sich ebenso passiv gegen Säuren, wenn ihre Temperatur auf eine bestimmte Tiefe gebracht ist.

Mischt man bei gewöhnlicher Temperatur Silbernitrat mit Salzsäure, so bildet sich momentan Chlorsilber. Dieser Process kommt bei -125^0 unter Null nicht zu Stande, erst bei -80^0 wird die Chlorsilberbildung vollendet.

In der letzten Zeit haben wir einige weitere Versuche in dieser Richtung ausgeführt:

Stickstoffoxyd (NO) ist bekanntlich ein farbloses Gas. Seine bemerkenswertheste Eigenschaft ist die, dass es sich in Berührung mit Luft direct mit Sauerstoff verbindet. Der Vorgang ist mit Wärmeentwickelung verbunden und es entsteht je nach Umständen Stickstofftrioxyd oder Stickstoffperoxyd nach den Gleichungen:

$$2NO + O = N_2O_3$$
$$2NO + O_2 = 2NO_2.$$

Die entstehenden Verbindungen haben eine rothbraune Farbe, sodass die Bildung derselben leicht zu bemerken ist.

Um zu sehen, wie sich das Stickstoffoxyd in Berührung mit Luft bei sehr tiefen Temperaturen verhalten wird, stellten wir folgenden Versuch an.

Wir stellten Stickstoffoxyd dar, indem wir Salpetersäure auf Kupfer einwirken liessen. Bei dieser Reaction entsteht hauptsächlich Stickstoffoxyd nach den folgenden Gleichungen:

$$Cu + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2H$$

$$2HNO_3 + 6H = 4H_2O + 2NO.$$

Das entstehende Stickstoffoxyd liessen wir durch kleine Kugeln durchgehen, und nachdem die braunen Dämpfe verschwunden und die Kugeln mit farblosem Stickstoffoxyd gefüllt waren, schmolzen wir dieselben zu; diese Kugeln gaben wir in ein Gefriergefäss, in dem sich ein Thermometer und ein Glasstab befanden. Der ganze Apparat wurde in den Kälteraum gestellt, bis -80^0 abgekühlt und darauf mit dem Glasstabe die Kugel zerschlagen. Es trat eine Reaction ein, welche sich durch eine schwache rothbraune Färbung bemerken liess; doch trat dieselbe viel schwächer auf, als wenn man die Kugeln bei gewöhnlicher Temperatur zerschlägt.

Derselbe Versuch wurde bei -120^0 wiederholt, und beim Zerschlagen der Kugeln trat keine Reaction auf. Der Inhalt des Gefriergefässes blieb farblos, nur oben am Rande des Gefässes, wo die Dämpfe mit der wärmeren Luft in Berührung kamen, war eine schwach röthliche Färbung bemerkbar.

Einen ähnlichen Versuch haben wir mit Chlorknallgas ausgeführt. Wenn man Wasserstoff und Chlor im Dunkeln zusammenbringt, so findet bekanntlich keine Einwirkung statt, so lange man das Gasgemisch auch stehen lässt. Wenn man aber das Gemisch einen Augenblick dem directen Sonnenlicht oder einem Magnesiumlicht aussetzt, so tritt eine Explosion mit starken Knall ein und dies ist das Zeichen, dass sich die beiden Gase mit einander vereinigt haben.

Um zu sehen, wie sich Chlorknallgas in der Kälte verhält, haben wir dasselbe electrolytisch dargestellt, weil das durch Electrolyse der Salzsäure gewonnene Chlorknallgas gegen Lichtstrahlen empfindlicher ist, als das durch Mischen der

einzelnen Gase erzeugte. Auch haben wir das Gas nicht getrocknet, weil es auch dadurch viel von seiner Lichtempfindlichkeit verlieren würde.

Mit der auf diese Weise dargestellten Mischung von Wasserstoff und Chlor haben wir einzelne kleine Kugeln gefüllt und dieselben zugeschmolzen; die Kugeln bis -80^0 abgekühlt und mit einem Magnesiumlicht beleuchtet. Es trat keine Explosion ein.

Es ergab sich nachher, dass schon die Temperatur von -25^0 genügt, um die Wirkung der Lichtstrahlen abzuschwächen, es tritt bei derselben keine Reaction ein.

Wir werden diese Versuche mit einem BUNSENschen Actinometer fortsetzen, um den Einfluss der Temperatur auf die Geschwindigkeit der Umwandlung des Chlorknallgases quantitativ messen zu können.

Weitere Versuche in dieser Richtung haben wir mit schwefeliger Säure (SO_2) und Chlor angestellt. Es zeigte sich, dass die bleichende Wirkung dieser Gase bei einer niedrigen Temperatur von -60^0 ganz aufhört. Diese Versuche sind indess noch nicht abgeschlossen, ich werde mich daher über dieselben nicht weiter verbreiten.

Die Thatsachen, die wir hier angeführt haben, geben einen Beweis für die Richtigkeit des Satzes, welchen PICTET vor einiger Zeit aufgestellt hat, nämlich, dass

> „chemische Körper auf eine gewisse Tiefe der Temperatur abgekühlt, nicht auf einander wirken werden und sich nicht vereinigen, mag die Wahlverwandtschaft, die zwischen ihnen besteht, noch so gross sein.“

Allerdings müssen noch eine ganze Reihe von Erscheinungen bei tiefer Temperatur untersucht werden, um die Gültigkeit dieses Gesetzes zu bestätigen; die angeführten Thatsachen aber, wie auch eine ganze Reihe von anderen Beobachtungen im Institute Raoul Pictet bestätigen die Richtigkeit dieses Satzes und gestatten uns zugleich denselben als leitenden Faden auf manchem Gebiete zu gebrauchen.

So kann dieser Satz uns vielleicht etwas über das Wesen der Phosphorescenz aufklären. Die Erscheinung der Phosphorescenz äussert sich bekanntlich darin, dass bestimmte Körper, wie z. B. Schwefelcalcium, Schwefelbarium etc., nachdem sie einige Zeit dem Sonnenlichte ausgesetzt waren, im Dunkeln leuchten.

Das Wesen der Phosphorescenz ist bis jetzt noch unerklärlich gewesen. RADZISZEWSKI hat gezeigt[1]), dass das Leuchten gewisser niederer Thiere durch chemische Modificationen hervorgerufen wird; die Phosphorescenz bestimmter Stoffe, wie die der Sulfide von Barium, Strontium und Calcium, die durch Bestrahlung hervorgerufen wird, auf eine chemische Reaction zurückzuführen, ist zwar möglich, auch von Prof. WIEDEMANN angenommen[2]), aber bis jetzt noch nicht erwiesen worden.

Um zu sehen, wie sich diese Erscheinung bei sehr tiefer Temperatur verhält, haben wir einige Glasröhrchen, in welchen die Sulfide von Calcium, Strontium und Barium eingeschmolzen waren und welche in hohem Grade diese charakteristische Eigenschaft besitzen, dem Sonnenlichte ausgesetzt und in einen doppelwandigen mit flüssigem Stickstoffoxydul (N_2O) gefüllten Cylinder eingesetzt. Durch Abdampfung des Stickstoffoxyduls vermittelst Vacuum haben wir eine Temperatur von -140^0 erhalten.

Die Röhrchen nahmen rasch die Temperatur der Umgebung an und erreichten in 4—5 Minuten die Temperatur von -100^0; nachdem sie 12 Minuten lang im Kälteraum waren, nahmen wir sie heraus und brachten dieselben schnell in den Dunkelraum.

Im ersten Augenblicke war keine Spur von Phosphorescenz zu beobachten; nach einem Momente konnte man die obere Stelle des Röhrchens, welches nicht so abgekühlt war, schwach leuchtend unterscheiden. Allmählich dehnte sich dies schwache Erglühen von oben bis unten aus; der untere Theil des Röhrchens leuchtete aber viel schwächer als der obere. Nach 5 Minuten nahmen die Röhrchen ihre gewöhnliche, lebhafte Farbe an, ohne dass man sie nochmals dem Sonnenlichte oder dem zerstreuten Tageslichte ausgesetzt hatte.

Dieses Resultat ergab sich bei den verschiedenen Röhrchen und allen anderen phosphorescirenden Körpern.

Ueber diese Versuche haben wir ausführlich an anderer Stelle berichtet.[3]) Ich will nur hier hinzufügen, dass schon

1) RADZISZEWSKI, Berichte der deutschen chem. Ges. **10.** p. 70. 1877; Lieb. Ann. **203.** p. 305. 1880.

2) WIEDEMANN, Wied. Ann. **37.** p. 224.

3) Compt. rend. **119.** p. 52 und Zeitschr. f. phys. Chem. XV. 3.

Becquerel in seiner Arbeit „Ueber die Phosphorescenzerscheinungen“[1]) über den Einfluss der Temperatur von -20^0 bis $+200^0$ auf die Farbe der Phosphorescenz mitgetheilt hat; aus seiner Abhandlung ergiebt sich, dass die Farbe mit der Temperatur, welche die Substanz während der Insolation besitzt, sich ändert. In folgender Tabelle sind die Farben bei verschiedenen Temperaturen angegeben.

Temp. der phosphoresc. Körper	Das ausgestrahlte Licht ist
$-\ 20^0$	Dunkelviolett
$+\ 20^0$	Violett
$+\ 40^0$	Hellblau
$+\ 70^0$	Bläulichgrün
$+\ 100^0$	Grünlichgelb
$+\ 200^0$	Rothgelb

Wir haben anfangs angenommen, dass die Erscheinungen der Phosphorescenz auf gewissen Molecularschwingungen der Körper beruhen. Durch Abkühlung verringert man nach und nach die Wärmeschwingungen und in gleichem Masse ist eine Abnahme der Lichtwellen bemerkbar bis zum gänzlichen Verschwinden der Phosphorescenz. Wenn man aber in Betracht zieht, dass alle chemischen Erscheinungen in der Kälte verschwinden, so gewinnt die Annahme von Wiedemann an Wahrscheinlichkeit, und es ist wohl möglich, dass „das auffallende Licht chemische Modificationen in dem phosphorescirenden Körper hervorruft, die nachher wieder im umgekehrten Sinne durchlaufen und dabei eine Lichtentwickelung hervorrufen. Die Verbindungen von Calciumsulfid, Strontiumsulfid etc. können wahrscheinlich in zwei Modificationen, einer stabilen A und einer labilen B, bestehen. Die Modification A wird durch Absorption gewisser Strahlen in die Modification B verwandelt, welche allmählich unter Lichtentwickelung sich in A zurückverwandelt“. Die Phosphorescenzerscheinung ist nach dieser Annahme ein directer Beweis von der gegenseitigen Umwandlung strahlender und chemischer Energie.

Ein ähnliches Ergebniss erhielten wir mit dem Photographieprocess. Es zeigte sich bei einigen Versuchen, dass die Temperatur auf denselben einen grossen Einfluss ausübt. Durch Erniedrigung der Temperatur kann man die Wirkung der Belichtung abschwächen, eventuell vernichten.

---

1) Becquerel, Ann. de chim. et de phys. III. t. 55.

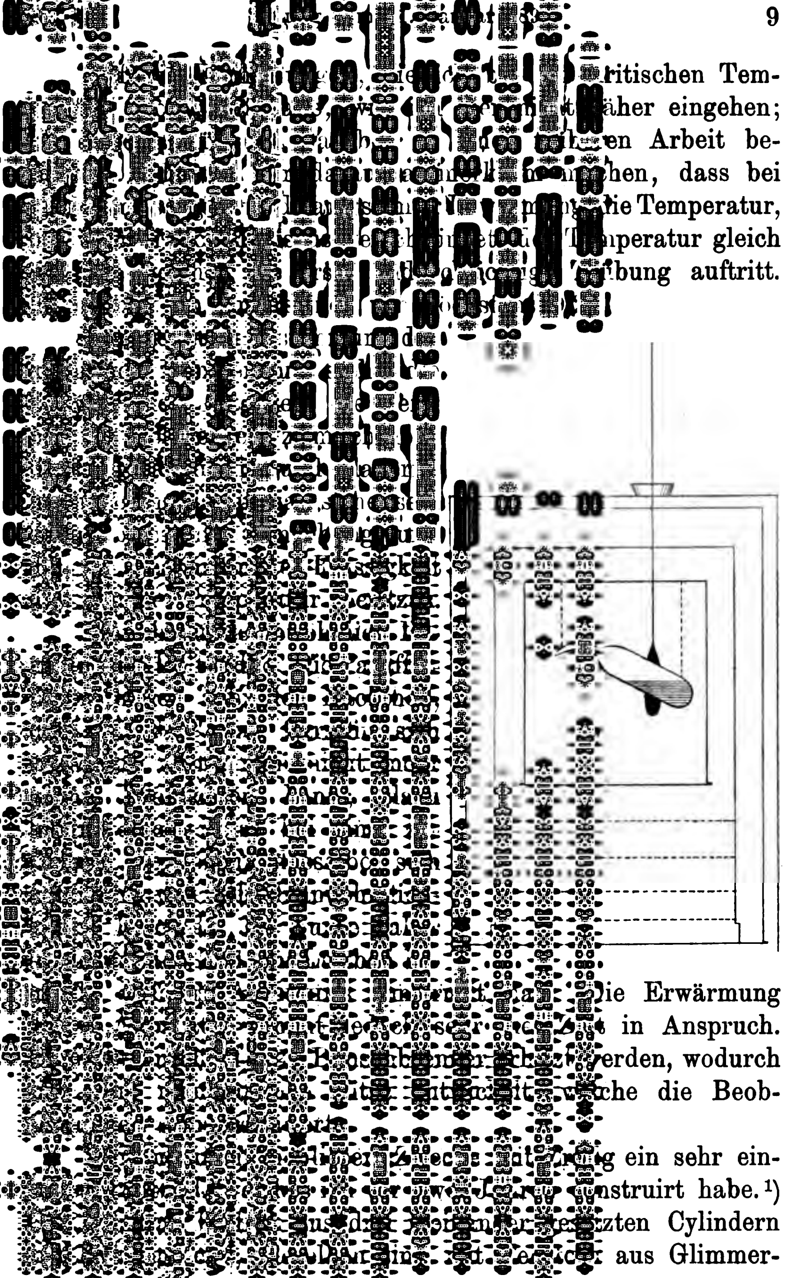
Diese und ähnliche Versuche setzen wir bei der tiefsten Temperatur, die uns zu Gebote steht, fort; nach Abschluss derselben werden wir ausführlich berichten. Ich verlasse nun das Kältegebiet und möchte von einigen Versuchen sprechen, die bei höheren Temperaturen angestellt wurden, und zwar über den

Einfluss von Verunreinigungen auf die kritische Temperatur von Flüssigkeiten.

Da wir zu dem Betriebe unserer Kältemaschinen Lachgas gebrauchen und es zu diesem Zwecke wie auch zur Narkose im Grossen herstellen, haben wir nach einer Methode Umschau gehalten, welche es uns ermöglicht, die Reinheit des Stickstoffoxyduls schnell und verlässlich bestimmen zu können. Die Erfahrungen, die wir im Betriebe gemacht haben, sind uns hierbei zu statten gekommen; es zeigte sich nämlich, dass die kleinste Verunreinigung die Verflüssigung des Lachgases erschwert, ja zuweilen unmöglich macht. Wir arbeiten immer mit einem bestimmten Drucke, und wenn das dargestellte Stickoxydul bei einer bestimmten Temperatur sich nicht verflüssigen lässt, so ist es ein Zeichen, dass dasselbe unrein ist; mit anderen Worten: die kleinste Verunreinigung hat einen grossen Einfluss auf die kritischen Daten.

Wir haben daher Versuche angestellt, um zu sehen, ob man die kritischen Daten, welche bei Stickoxydul sich so gut bewährt haben, auch im allgemeinen als Kriterium der Reinheit der Substanzen benutzen kann. Wir haben mit Freuden constatirt, dass zu den beiden viel angewandten Methoden des Schmelzpunktes und Siedepunktes, auch die kritische Temperatur sich als würdige Dritte im Bunde gesellen kann.

Zur Bestimmung der kritischen Temperatur benutzen wir die sogenannte optische Methode. Die auf diese Weise bestimmte Temperatur ist allerdings, theoretisch gesprochen, nicht genau die kritische Temperatur, da der Inhalt im Röhrchen nicht immer dem kritischen Volumen entspricht. Stoletow und andere Forscher haben aber gezeigt, dass eine relativ bedeutende Aenderung des Volumens nur eine sehr kleine Aenderung des Druckes bedingt; wenn also das kritische Volumen annähernd hergestellt ist, so ist der Fehler in der kritischen Temperatur sehr gering.



...ritischen Tem-
...äher eingehen;
...en Arbeit be-
...hen, dass bei
...ie Temperatur,
...nperatur gleich
...bung auftritt.

...ie Erwärmung
... in Anspruch.
...erden, wodurch
...che die Beob-

...g ein sehr ein-
...nstruirt habe.[1])
...zten Cylindern
... aus Glimmer-

platten versehen, um die Beobachtung im Innern zu ermöglichen. Der mittlere Kasten ist länger als der innere, und trägt unten einige Drahtnetze, welche eine bessere Vertheilung der Heizgase und damit eine gleichförmigere Temperatur bedingen. Das Ganze ist von einem dritten Kasten umgeben, der aussen mit einem Asbestmantel bekleidet ist. Auf den oberen Boden sind nebeneinanderliegende Oeffnungen vorhanden, durch welche das Thermometer geht.

Die Versuchsröhrchen. Die zu untersuchende Substanz wird in 3—4 cm lange Röhrchen gebracht, deren Durchmesser 5 mm und 3 mm lichte Weite beträgt. Sie werden an einem Ende zu dickwandigen Kapillaren ausgezogen, diese zu Haken gebogen, vermittelst welcher die Röhrchen aufgehängt werden.

Die Füllung der Röhrchen. Um die Luft aus den Versuchsröhrchen ganz zu verdrängen, geschieht die Füllung der letzteren in folgender Weise: In das Kölbchen *b*, das die zu untersuchende Flüssigkeit enthält und mit einem $CaCl_2$-Rohre verbunden ist, wird das in einem Kork befestigte Röhrchen *a* eingebracht. Ein Theil der Luft wird daraus durch Erwärmen vertrieben, beim Abkühlen tritt eine kleine Menge Flüssigkeit ein. Durch Verdampfung der letzteren wird die noch vorhandene Luft verdrängt, wonach das Röhrchen bei weiterer Abkühlung sich mit Flüssigkeit anfüllt, sodass blos noch eine kleine Luftblase übrig bleibt, die nach drei oder viermaliger Wiederholung der Erwärmung verschwindet. Die Flüssigkeit im Kölbchen wird während dieser Zeit im Sieden erhalten, sodass die Luft aus derselben ganz verdrängt wird. Jetzt lässt man die Flüssigkeit im Röhrchen bis auf ein bestimmtes Volumen eindampfen, wonach das Röhrchen zugeschmolzen wird.

Die Versuchsordnung. Die Versuche werden in folgender Weise ausgeführt: Der Apparat wird von etwa 100° unterhalb der kritischen Temperatur an sehr langsam erwärmt, der Punkt, bei dem der Uebergang von Flüssigkeit im Gaszustande stattfindet notirt, 3—4° höher erwärmt und nachher ebenso langsam abgekühlt und beim Erscheinen des Nebels wird die Temperatur wieder notirt. Das Mittel von diesen Zahlen, welche, wie gesagt, sehr wenig von einander verschieden gefunden werden, wird als die kritische Temperatur angesehen.

Auf diese Weise habe ich folgende Beobachtungen ge-



macht. Wir bestimmten zunächst die kritische Temperatur von besonders reinen Substanzen, und zwar von Chloroform, Chloräthyl, Aether, Pental.

Die kritischen Temperaturen dieser reinen Substanzen waren:

Chloroform = 258,8°, Chloräthyl = 181,0°,
Aether = 189,0°, Pental = 201,0°.

Wir mischten nachher einige Tropfen Alkohol zu dem Chloroform und zu dem Chloräthyl. Die kritische Temperatur dieser Substanzen hat sich verändert, es ergaben sich die Zahlen:

Chloroform + Alkohol = 255,0°
Chloräthyl + Alkohol = 187,0°.

Eine kleine Zugabe von Alkohol bewirkt also in der kritischen Temperatur einen Unterschied von 3,8° bei Chloroform und von 6° bei Chloräthyl, während die Differenz im Siedepunkte beim Chloroform nur 0,1—0,2° und beim Chloräthyl 0,5° ergab.

Wir bestimmten den Siedepunkt des käuflichen Pentals, es war ein kaum merkbarer Unterschied, noch weniger als um 0,1°; in der kritischen Temperatur ergab sich aber ein Unterschied von 1,5°. Die kritische Temperatur derselben war 189,5°.

Eine chemische Analyse ergab, dass im käuflichen Pental kleine Mengen von Aldehyd waren.

Wir haben nun diese Versuche fortgesetzt und haben in 25 g Aether ca. 0,5 g von folgenden Substanzen gelöst; es ergab sich:

	Diff. im Siedep.	Diff. in der krit. Temp.
Cineol ($C_{10}H_{18}O$)		4,0°
Terpentinöl ($C_{10}H_{18}O$)		8,0°
Phenol ($C_6H_5 . OH$)	0,2—0,3°	12,0°
Guajacol ($C_6H_4 \langle {O . CH_3 \atop OH}$)		6,0°
1 g J in 30 g Aether		4,0°

Die kritischen Temperaturen sind auf ganze Zahlen, die Siedepunkte auf 0,1° abgerundet.

Das Thermometer ist noch nicht geprüft, ebenso habe ich nicht die Correction für den herausragenden Faden gemacht; für unseren Zweck genügt es aber vollständig, denn es handelt sich hier nur um relative Werthe.

Wie man aus diesen Zahlen sieht, hat sich die kritische Temperatur als ein sehr gutes Kriterium der chemischen Reinheit bewährt, ist viel empfindlicher als der Siedepunkt und die Ausführung dieser Bestimmung bietet auf die oben angegebene Weise keine Schwierigkeiten mehr.

Allerdings kann diese Methode nur eine beschränkte Anwendung haben; sie kann nämlich nur bei Substanzen angewendet werden, welche sich bei der kritischen Temperatur nicht zersetzen. Es gibt aber eine Menge Substanzen, die noch weit über der kritischen Temperatur ihre Zusammensetzung nicht verändern.

Ich möchte noch auf eine Beobachtung aufmerksam machen, die wir bei der Bestimmung der kritischen Temperatur von einer Jodlösung in Aether gemacht haben. Nach der ersten Bestimmung derselben bemerkten wir, dass die Lösung eine etwas hellere Farbe angenommen hat. Wir wiederholten die Erwärmung bis über die kritische Temperatur und zu unserem Erstaunen entfärbte sich die Lösung vollständig; nach der Abkühlung krystallisirten feine Nadeln aus der Lösung aus. Diese Entfärbung der Jodlösung hat uns überrascht, wir wiederholten daher diesen Versuch mit einem anderen Röhrchen und erhielten dasselbe Resultat.

Diese Beobachtung habe ich erst in der letzten Woche gemacht und habe die sich bildenden Krystalle noch nicht analysiren können. Wir haben aber, wie mir scheint, einen Anhaltspunkt für die Analyse: mehrere Röhrchen dieser Lösung sind nämlich gesprungen, die Explosion trat immer gerade im Momente der Entfärbung ein. Es scheint also, dass die Jodlösung das Glas angreift, es löst wahrscheinlich irgend welche Glasbestandtheile und das Jod verbindet sich mit denselben. Es ist wohl möglich, dass Jodkalium oder Jodnatrium sich dabei bildet.

Nachdem mehrere Versuche uns gezeigt haben, dass die kleinste Verunreinigung auf die kritische Temperatur einen grossen Einfluss ausübt, haben wir uns die Frage vorgelegt, was eintreten werde, wenn eine Lösung eines festen Körpers bis über die kritische Temperatur des Lösungsmittels erwärmt wird.

Erwärmt man eine Flüssigkeit bis über die kritische

Temperatur, so geht dieselbe in Gaszustand über; wenn in dieser Flüssigkeit ein fester Körper gelöst ist, dessen Schmelzpunkt höher als die kritische Temperatur des Lösungsmittels liegt, so ist zu erwarten, dass der feste Körper sich ausscheiden wird, sobald die Flüssigkeit, in welcher derselbe gelöst ist, bis zur kritischen Temperatur erwärmt wird. Bei einem Versuche, den wir in dieser Richtung angestellt haben, hat sich aber das Gegentheil ergeben.

Wir lösten 0,5 g Borneol ($C_{10}H_{18}O$), vom Schmelzpunkt 198° in 25 g Aether, dessen kritische Temperatur 189° war. Wir füllten einige Röhrchen mit dieser Lösung und erwärmten bis zur kritischen Temperatur. Die kritische Temperatur stieg bis 197°, wir konnten aber keine Spur von fester Substanz, die sich ausgeschieden hätte, beobachten.

Einen zweiten Versuch haben wir mit einer 40 proc. Lösung von Borneol in Aether angestellt. Die kritische Temperatur stieg bis 296°, ein Unterschied von 107°. Die Temperatur ist aber hier schon viel höher als der Schmelzpunkt und der Siedepunkt von Borneol, sodass dieser Versuch ein Interesse nur insofern hat, als er uns die Empfindlichkeit der kritischen Temperatur zeigt.

Um den Unterschied zwischen dem Schmelzpunkte des gelösten Stoffes und der kritischen Temperatur des Lösungsmittels zu vergrössern, haben wir 1 g von demselben Borneol in 50 g Chloräthyl gelöst. Die kritische Temperatur des Chloräthyl beträgt 181°, der Schmelzpunkt des Borneol gegen 200°. Die kritische Temperatur der Lösung stieg bis 191°, aber auch hier war keine Ausscheidung zu beobachten.

Wir haben weiter eine verdünnte Lösung von Jodkalium in Alkohol dargestellt; dieselbe bis über die kritische Temperatur erwärmt. Auch hier konnte man keine Spur von fester Substanz beobachten, trotzdem der Schmelzpunkt des Jodkaliums bedeutend höher liegt, als die kritische Temperatur der Lösung.

Es war von Interesse zu sehen, wie sich eine Lösung eines Farbstoffes bei der kritischen Temperatur verhalten wird. Als geeignetes Versuchsobject hat sich Alizarin gezeigt; es schmilzt bei 290°, löst sich in Alkohol und ist bei höheren Temperaturen beständig.

Wir haben zu diesem Zwecke ein Röhrchen mit einer Lösung von Alizarin in Alkohol erwärmt. Auch hier hat sich keine Spur von fester Substanz nach der kritischen Temperatur niedergeschlagen, trotzdem die Temperatur gegen 50^0 niedriger als der Schmelzpunkt vom Alizarin war.

Wie man aus diesen Versuchen sieht, lösen sich feste Substanzen in Flüssigkeiten, auch nachdem die Letzteren bis über ihre kritischen Temperaturen erwärmt worden sind, also in Gasen. Diese auffallenden Experimente erläutern von Neuem die Theorie, welche Pictet bereits im Jahre 1877, in seiner „Synthèse de la Chaleur“ aufstellte.

Bei Gelegenheit der Verflüssigung des Wasserstoffs sagte er, dass vor der Verflüssigung die Gase schon in einer Art von „Flüssigkeitszustand“ wären, der einem kritischen Zustande der Gase entspräche. Die Verflüssigung der Dämpfe zerfällt nach Pictet in zwei Phasen. In der einen, die bei Temperaturen über dem kritischen Punkt liegt, schweben inmitten des Dampfes, oder inmitten der Gasmolecüle, Myriaden von Flüssigkeitspartikelchen, deren Zahl proportional dem Drucke ist; die zweite Phase ist unterhalb des kritischen Punktes unter dem Drucke des gesättigten Dampfes. Nur in dieser zweiten Phase spielt die Schwerkraft eine Rolle und sammelt die Partikelchen als Tröpfchen unten im Glase. In der ersten Phase ist der Zustand so wechselnd, dass die kleinen „Flüssigkeitspartikel“ sofort in Dampfform übergehen, während an anderer Stelle zu gleicher Zeit wieder „Gasmolecüle“ sich vereinigen und flüssig werden. Es bildet sich, sozusagen, ein Gleichgewichtszustand. Die Partikelchen gehen stetig aus einem Aggregatzustande in den anderen über, kommen aber nie dazu Tropfen oder einen für unser Auge sichtbaren Meniscus zu bilden. Feste Substanzen können sich aber doch in diesen Flüssigkeitspartikelchen bei hohem Druck in der Nähe des kritischen Punktes auflösen.

Auf Grund dieser Theorie lassen sich die folgender Erscheinungen übersehen, welche mir bei der kritischen Temperatur der Alizarinlösung aufgefallen sind:

Bei langsamer und gleichförmiger Erwärmung der Alizarinlösung dehnt sich dieselbe aus; der obere Theil des Röhrchens ausserhalb der Flüssigkeit bleibt farblos. Die Trennungsfläche

zwischen der Flüssigkeit und dem farblosen Dampfe wird immer flacher und undeutlicher. Bei der kritischen Temperatur verschwindet der Meniscus. Den Farbenunterschied kann man noch ein Moment nach dem Verschwinden des Meniscus beobachten. Der Theil des Röhrchens unterhalb der Stelle, wo der Meniscus verschwand, bleibt gefärbt, während der obere Theil des Röhrchens farblos ist. Nach einer Minute ungefähr wird das ganze Röhrchen gefärbt. Kühlt man ab, so wird der obere Theil des Röhrchens momentan entfärbt.

Nach dieser Theorie müssten allerdings bei Ueberhitzung die festen Körper wieder ausfallen, denn die Zahl der flüssigen Partikelchen nimmt mit steigender Temperatur rapide ab. Experimentell konnte diese noch nicht festgestellt werden.[1]) Sollte sich aber diese Hypothese nicht bestätigen, so müssten wir annehmen, dass die Flüchtigkeit des gelösten Stoffes in einer Lösung vergrössert wird, sodass die festen Körper selbst unter ihrem Schmelzpunkte gasförmig werden könnten, wenn sie unter einem hohen Drucke sind. Ein hoher Druck ist dabei nöthig, um eine Wechselwirkung zwischen den Molecülen des gelösten Stoffes und des Lösungsmittels zu bewerkstelligen.

Um zu sehen, wie weit die Löslichkeit von Jodkalium in Alkohol nach der kritischen Temperatur gehen kann, haben wir eine etwas concentrirtere Lösung dargestellt. Bei dem kritischen Punkte ist ein ganzer Theil des Jodkaliums ausgefallen. Wenn man das Röhrchen gleichmässig im Apparate erwärmt, so bilden sich schön geformte Krystalle.

Weitere Versuche haben uns gezeigt, dass die Löslichkeit von Jodkalium in Alkohol mit der Temperatur zunimmt, sie erreicht in der Nähe der kritischen Temperatur ihr Maximum, wonach dieselbe wieder abnimmt.

Der Zustand einer Substanz nach der kritischen Temperatur ist bis jetzt noch nicht ganz aufgeklärt. In der letzten Zeit haben sich mehrere Forscher mit dieser Frage beschäftigt, ohne dass ein ausreichendes Verständniss derselben gewonnen worden wäre. Von den vorher angegebenen Beobachtungen wird man vielleicht einige Schlüsse ziehen können. Ich will

1) Inzwischen ist diese Theorie experimentell bestätigt worden, da bei Ueberhitzung sich Krystalle ausschieden.

aber jetzt davon Abstand nehmen, da die Versuche noch nicht abgeschlossen sind.

Vielleicht wird es mir vergönnt sein, nach Abschluss dieser Versuche über die Resultate in Ihrem hochverehrten Kreise sprechen zu dürfen. Für heute danke ich dem sehr geehrten Hrn. Präsidenten für die ehrenvolle Einladung, welche mir erlaubt hat, in Ihrem geehrten Kreise zu sprechen, und auch Ihnen, meine Herren, danke ich bestens für die Aufmerksamkeit, die Sie mir gütigst geschenkt haben.

Druck von Metzger & Wittig, Leipzig.

Verlag von JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

Jahrg. 14. Nr. 2.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

Sitzung vom 25. Januar 1895.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **F. S. Archenhold** sprach

Ueber projectirte Fernröhre von 110 und 125 cm Oeffnung.

Die Hrn. **W. von Bezold** und **O. Lummer** machten hierzu einige Bemerkungen.

Sitzung vom 8. Februar 1895.

Vorsitzender i. V.: Hr. B. SCHWALBE.

Hr. **R. Neuhauss** (a. G.) sprach in einem mit Demonstrationen begleiteten Vortrage

Ueber die Photographie in natürlichen Farben.

Im Sommer 1894 nahm der Vortragende die schon vor zwei Jahren begonnenen Versuche mit dem LIPPMANN'schen Verfahren wieder auf, und zwar unter Anlehnung an die Vorschriften, welche E. VALENTA in seinem ausgezeichneten Buche über „Photographie in natürlichen Farben" (Halle a. S. 1894. W. KNAPP) giebt. In befriedigender Weise gelang auf Bromsilberplatten die Wiedergabe von Spectren und Mischfarben. Die bei diesen Versuchen gewonnenen Ergebnisse sind in drei Aufsätzen niedergelegt, welche im October-, November- und Decemberheft der „Photographischen Rundschau" (1894) zum Abdruck gelangten.

Bisher nahm man allgemein an, dass die zur Herstellung von Aufnahmen in natürlichen Farben geeigneten Platten kornlos sind und sein müssen. Eine vom Vortragende vorgenommene Untersuchung der Platten ergab, dass hier ein schwerwiegender

Irrthum vorliegt. Die nach VALENTA's und LUMIÈRE's Vorschriften hergestellten Bromsilberplatten (Mischungstemperatur der Emulsion 40° C.), welche alle Farben in trefflichster Weise wiedergeben, besitzen ein deutlich sichtbares Korn. Die Grösse des Kornes vor und nach der Entwickelung ist nicht dieselbe. Vor der Entwickelung beträgt dieselbe 0,0001 bis 0,0003 mm. Da nun die halben Wellenlängen des dem Auge sichtbaren Lichtes schwanken zwischen 0,00019 und 0,00038 mm, so ergiebt sich, dass das Korn durchschnittlich beinahe ebenso gross ist, wie die halben Wellenlängen.

Bei der nicht entwickelten Platte sieht man das Korn am Besten unter Zuhilfenahme einer Apochromat-Oel-Immersion mit engem Beleuchtungskegel und mässig schräg einfallendem Licht. Nach Färben der Platte mit verdünnter Fuchsinlösung tritt das Korn deutlich hervor.

Unter der Einwirkung des Ammoniaks vergröbert sich das Korn während der Entwickelung in sehr auffallender Weise. Der Durchmesser beträgt nach der Entwickelung 0,0005 bis 0,0015 mm; er ist also erheblich grösser, als die halben Wellenlängen. Im Hinblicke auf diese Thatsache erscheint es mehr als fraglich, ob die ZENKER'sche Theorie, auf welcher das LIPPMANN'sche Verfahren aufbaut, richtig ist. Mit unseren Vorstellungen über den Gang der Lichtstrahlen lässt es sich ungemein schwer vereinigen, dass bei Einlagerung eines so groben (und, wie der Augenschein lehrt, recht undurchsichtigen) Kornes zwischen die dünnen ZENKER'schen Blättchen eine regelrechte Interferenz der Strahlen zu Stande kommen soll.

Noch auf zwei weitere Thatsachen, welche gegen die ZENKER'sche Theorie sprechen, machte Vortragende aufmerksam: Erstens ist der Ort, wo im Spectrum bestimmte Farben auftreten, keineswegs ein unveränderlicher. Während längerer Belichtung verschieben sich die Farben in sehr merklicher Weise. Wo z. B. im Anfang der Belichtung Blau oder Violett auftritt, hat man bei längerer Exposition Grün. Das Blau und Violett rückt dann weiter nach dem mehr brechbaren Ende des Spectrums hinaus. Hierbei müssten also die nach der ZENKER'schen Theorie gebildeten dünnen Blättchen bei längerer Belichtung ihren gegenseitigen Abstand ändern — eine Annahme, die ausserordentlich wenig Wahrscheinlichkeit

für sich hat. Man könnte einwenden, dass die dünnen Blättchen bei längerer Belichtung dicker werden, weil auch die dem Schwingungsmaximum zunächst gelegenen Silbermolecüle mit in Schwingung gerathen. Hierbei würden die freien Zwischenräume zwischen zwei Blättchen mehr und mehr zusammenschrumpfen. Infolgedessen könnte wohl Licht von kürzerer Wellenlänge dort auftreten, wo vorher ein solches von grösserer Wellenlänge war, nicht aber umgekehrt, wie es in Wirklichkeit der Fall ist.

Zweitens ändern sich in dem fertig entwickelten, fixirten und getrockneten Bilde die Farben, wenn man die Bildschicht mit einem in Alkohol getränkten Lederläppchen vorsichtig abreibt. Hierbei findet ein mechanisches Entfernen der obersten Bildschichten statt. Es werden also bei hinreichend langem Reiben einige der nach ZENKER'scher Theorie gebildeten dünnen Blättchen entfernt. Theoretisch müsste die Folge des Abreibens sein, dass an der abgeriebenen Stelle die Leuchtkraft der Farbe abnimmt. In Wirklichkeit treten jedoch nach dem Abreiben ganz andere Farben auf: Es tritt an die Stelle der abgeriebenen Farbe die benachbarte Farbe mit kürzerer Wellenlänge, Gelb also an diejenige des Roth, Blau an diejenige des Grün etc. Reibt man weiter, so wird die Sache unregelmässig. In einzelnen Fällen konnte Verfasser jedoch einen sehr regelmässigen Wechsel der Farben feststellen. Hierbei handelt es sich nicht etwa um einen durch den Alkohol herbeigeführten Schrumpfungsprocess der Gelatine, welcher ein allmähliches Aneinanderrücken der dünnen Blättchen bewirken könnte. Legt man nämlich die Platte in Alkohol, ohne zu reiben, so bleibt die Farbveränderung aus.

Bekanntlich gilt die ausgezeichnete Arbeit von O. WIENER über stehende Lichtwellen[1]) als die beste Stütze der ZENKER'schen Theorie. Wir dürfen uns aber nicht verhehlen, dass auch WIENER den einzig zwingenden directen Beweis vom Vorhandensein der dünnen Blättchen nicht erbracht hat. Bei unseren jetzigen optischen Hülfsmitteln wäre der directe Beweis wohl möglich. Man hätte dabei folgendermaassen zu verfahren: Die Emulsion wird auf eine Abziehplatte gegossen.

1) WIENER, Wied. Ann. **40.** p. 203. 1890.

Nach der Belichtung im Spectrographen und der Entwickelung des Bildes zieht man das dünne Häutchen von der Platte herunter und fertigt von demselben mit Hülfe des Mikrotomes Querschnitte. An Stellen, wo die Platte von rothem Lichte getroffen ist, müsste sich auf dem Querschnitte eine feine Streifung zeigen, bei der die Streifen einen gegenseitigen Abstand von 0,00038 mm haben. Unter Anwendung der besten Oelimmersionen lässt sich dies Streifensystem auflösen. (Man denke an die Auflösung von Amphipleura pellucida, wo die Streifen einen gegenseitigen Abstand von nur 0,00022 mm haben.)

Bei den Spectralaufnahmen des Vortragenden zeigte sich sowohl in der infrarothen wie in der ultravioletten Zone ein eigenartiges Dunkelgrün. Doch glauben wir, dies als eine specifische Farbe nicht ansprechen zu dürfen. Es ist vielmehr dasselbe Grün, welches bei Aufnahme von Mischfarben häufig an den Theilen der Platte zur Erscheinung kommt, die überhaupt nur sehr wenig Licht erhielten, z. B. auf dem mangelhaft beleuchteten Hintergrunde, wo eine bestimmte Farbe nicht fertig wurde. Das vielbesprochene Lavendelgrau konnte Verfasser niemals entdecken. Zwischen genanntem Dunkelgrün und dem eigentlichen Roth zeigt sich bei allen Spectren, die reichliche Belichtung erfuhren, ein leuchtendes Dunkelpurpur.

Während die Wiedergabe von Spectren leicht ist, bereitet die Aufnahme von Mischfarben recht erhebliche Schwierigkeiten. Hier ist die Neigung der Platte, falsche Farben zu erzeugen, eine grosse. Man studirt die falschen Farben am besten bei Spectralaufnahmen, wo die Verhältnisse am einfachsten liegen. Das bereits erwähnte Dunkelgrün ist die Vorläuferin aller Farben, am ausgesprochensten diejenige des Blau und Violett. Besonders im Gebiet des Spectralblau stellt sich überdies im Anfange der Belichtung mitunter ein eigenartiges Rosa ein. Bei Ueberbelichtung tritt die bereits erwähnte allgemeine Verschiebung der Farben ein. Wird die Ueberbelichtung sehr weit getrieben, so blassen die Farben ab. Bei den Mischfarben kommt noch als sehr zu berücksichtigender Punkt hinzu, dass sich jede einzelne Mischfarbe aus Strahlen von verschiedener Wellenlänge zusammensetzt und dass mitunter ein Strahl von irgend einer Wellenlänge für die photographische Platte ein Uebergewicht bekommt, welches er für das

menschliche Auge nicht hat; dementsprechend erscheint dann die Farbe im Bilde anders wie in der Natur.

Um die ultravioletten Strahlen abzufangen, welche, wie bekannt, bei Mischfarbenaufnahmen sehr stören, bedient sich Verfasser einer Cuvette mit planparallelen Wänden, welche mit saurer Chininlösung angefüllt ist. Am besten bringt man die Cuvette unmittelbar vor der Platte an. Hier beeinträchtigt sie die Schärfe des Bildes in kaum nennenswerther Weise.

Nimmt man Blumensträusse auf, so muss man dafür Sorge tragen, dass die Blumen während der langen Exposition (etwa 1 Stunde in hellem, zerstreutem Lichte) nicht ihre Lage verändern. Am besten fixirt man jede einzelne Blume mit einem dünnen Draht. Im directen Sonnenlichte würden für derartige Aufnahmen 1—3 Minuten ausreichen. Doch sind die hierbei auftretenden tiefen Schatten und hellen Spitzlichter für das Gelingen der Aufnahme nicht sehr förderlich.

Zu den schlimmsten Feinden des Photographen gehören die im entwickelten Bilde so überaus leicht auftretenden Schlieren. Um dieselben mit einiger Sicherheit zu vermeiden, ist es durchaus nothwendig, folgende Vorsichtsmaassregeln zu beobachten:

1. Die Platten sind vor dem Guss mässig anzuwärmen und nach dem Centrifugiren schnell auf horizontaler Ebene zu erstarren.

2. Die unmittelbar nach dem Erstarren in fliessendem Wasser gewaschenen Platten müssen bei einer Temperatur trocknen, welche nahe unter dem Schmelzpunkte der Gelatine liegt, also bei 20° R. (= 25° C.).

3. Die zur Färbung der Emulsion verwendete alkoholische Cyaninlösung ist jedesmal vor dem Gebrauch frisch anzusetzen.

4. Die getrockneten Platten sind in warmem, trockenem Raume aufzubewahren und auch in einem solchen in die Cassette einzulegen. Beim Einlegen in die Cassette vermeide man es insbesondere, die Gelatineschicht anzuhauchen oder derselben mit feuchten Fingern nahe zu kommen.

5. Das Quecksilber muss sehr sauber gehalten und häufig filtrirt werden.

6. Das nach dem Exponiren an der Bildschicht anhaftende Quecksilber ist vor dem Entwickeln durch kräftiges Reiben mit einem sauberen Lederlappen zu entfernen.

Um den lästigen Quecksilberspiegel durch anderes zu ersetzen, nahm der Vortragende verschiedene Versuche vor: Zuerst kam Stanniol an die Reihe, welches mit grosser Gewalt an die Gelatineschicht angedrückt wurde. Leider blieb die erhoffte Wirkung aus. Offenbar besteht immer noch ein verschwindend kleiner Zwischenraum zwischen Stanniol und Gelatine. Dann wurde die Emulsion auf hochpolirte, versilberte Spiegelglasplatten gegossen. Nach dem Entwickeln, Fixiren und Trocknen zeigen jedoch hier die Bilder in der Aufsicht die gelblichbraune Farbe, wie dergleichen Aufnahmen sonst in der Durchsicht. Demnach hat es den Anschein, als ob wir uns von dem Quecksilber vorläufig noch nicht befreien können.

Weicht man die Platten unmittelbar vor dem Entwickeln in destillirtem Wasser ein, so geht das latente Bild stark zurück. Um hierin jeden Zweifel auszuschliessen, verfuhr der Vortragende folgendermaassen: Die Platte wurde nach der Belichtung in zwei Hälften zerschnitten und die eine Hälfte vor dem Entwickeln eingeweicht. Dieselbe erwies sich dann, verlichen mit der nicht eingeweichten Hälfte, als erheblich unterexponirt. Diese Erscheinung lässt sich nur durch physikalische Vorgänge erklären; sie zeigte sich nicht in gleich ausgesprochenem Maasse bei den verschiedenen vom Vortragenden hergestellten Emulsionen und ist bei Spectralaufnahmen weniger deutlich sichtbar, als bei Aufnahmen von Mischfarben.

Von Wichtigkeit ist es, die Empfindlichkeit der für Aufnahmen in natürlichen Farben geeigneten Platten genau festzustellen. Da uns hier wegen der grossen Unempfindlichkeit dieser Platten alle Sensitometer im Stiche lassen, so verfuhr der Vortragende folgendermaassen: Nach einem bunt gefärbten Präparate von Distomum lanceolatum (Leberegel) wurde in neunfacher Vergrösserung auf gewöhnlicher orthochromatischer Badeplatte (Sachs) eine mikrophotographische Aufnahme gemacht. Die zur Erzielung eines guten Negativs nothwendige Expositionszeit betrug unter Anwendung von Auer'schem Gasglühlicht 1 Secunde. Nunmehr wurde die Aufnahme nach Lippmann'schem Verfahren auf sogenannter kornloser Platte wiederholt. Hier musste $3^1/_4$ Stunden, also rund 10000 Sec., belichtet werden. Daraus ergiebt sich, dass die für Aufnahmen

in natürlichen Farben geeigneten Bromsilberplatten (Mischungstemperatur der Emulsion 40° C.) etwa 10000 mal unempfindlicher sind, als gewöhnliche Trockenplatten.

Verschiedene Aufnahmen in natürlichen Farben (zumal wenn dieselben von verschiedenen Forschern hergestellt sind) zeigen erhebliche Abweichungen. Bei einzelnen derselben ist das Farbenbild nur von der Schichtseite, bei anderen dagegen auch von der Glasseite aus sichtbar. Einzelne Bilder lassen sich mit Quecksilber verstärken, bei anderen geht durch die Verstärkung jede Farbwirkung verloren; einzelne vertragen sehr gut das Aufkitten eines Deckglases mit Hülfe von Canadabalsam; bei anderen zieht ein solches Aufkitten mit Sicherheit das Verschwinden der Farben nach sich. Diese Widersprüche lösen sich vielleicht dadurch, dass man zwei Arten von Bildern anzunehmen hat: Oberflächen- und Tiefenbilder. Bei ersteren kommen die Farben lediglich an der Oberfläche der Bildschicht zu Stande; bei letzteren sind diejenigen Körper, welche die Interferenzen erzeugen (denn um solche handelt es sich zweifellos, mag die ZENKER'sche Theorie richtig oder falsch sein) gleichmässig durch die ganze Bildschicht vertheilt. Letztere Bilder vertragen daher eine Verstärkung, das Aufkitten des Deckgläschens und zeigen die Farbe auch von der Glasseite aus. Zweifellos trägt die Herstellungsart der Platten dazu bei, ob schliesslich ein Oberflächen- oder ein Tiefenbild zu Stande kommt. Doch können wir uns über die einzelnen hierbei mitwirkenden Ursachen noch nicht genügend Rechenschaft geben.

Bekanntlich lassen sich Bilder in natürlichen Farben unter Benutzung von auffallendem Lichte projiciren. Die Bilder des Vortragenden, welche durchschnittlich eine Höhe von 6—7 cm haben, erscheinen bei Projection mit einem grossen electrischen Apparate, auf der weissen Wand bis auf 2 m vergrössert und besitzen trotz dieser starken Vergrösserung immer noch eine sehr bedeutende Leuchtkraft.[1]) Wer über einen für derartige Zwecke hergerichteten Projectionsapparat

1) Der Vortragende führte mit Hülfe dieses Projectionsapparates seine Aufnahmen in natürlichen Farben (Spectren und zehn verschiedene Aufnahmen von Mischfarben) vor.

nicht verfügt, bedient sich mit Vortheil zur Demonstration seiner Bilder eines mit grosser Sammellinse versehenen Schaukastens, so wie derselbe auch zum Betrachten gewöhnlicher Photographien Verwendung findet. Nur muss der Bildträger mit einem Kugelgelenk versehen werden, damit man dem Bilde jede gewünschte Richtung geben kann. Stellt man den Apparat in Nähe eines Fensters derart auf, dass directes Himmelslicht auf das Bild fällt, so erscheinen die Farben ausgezeichnet schön. Abends wird der Schaukasten in unmittelbarer Nähe einer mit Milchglasglocke versehenen Lampe angebracht. Hat man mit Hülfe des Kugelgelenkes den richtigen Winkel eingestellt, so sieht jeder Beobachter, der durch die Sammellinse in den Schaukasten blickt, ohne weiteres die Farben. Ausserdem hat man bei dieser Methode den Vortheil, dass das Bild wesentlich vergrössert erscheint.

Die Discussion über den Vortrag des Hrn. **Archenhold** (vgl. Sitzung vom 25. Januar) wurde fortgesetzt.

Sitzung vom 22. Februar 1895.

Vorsitzender: Hr. W. von Bezold.

Hr. **O. Lummer** trug vor:

Einiges zur Correction dioptrischer Systeme [1]):

Nach einer historischen Einleitung, welche Veranlassung und Zweck des Vortrages darthut, geht der Vortragende zunächst auf die Frage ein, ob es überhaupt möglich ist, allen verschiedenen an Riesenobjective zu stellenden Anforderungen durch einen einzigen Typus zu genügen.

Bedeutet R den Radius des Objectivs und F dessen Brennweite, so ist die Helligkeit für Flächen-, Strich- und Punktgebilde entsprechend:

$$(1) \qquad \frac{R^2}{F^2}, \quad \frac{R^2}{F} \text{ und } R^2 \ldots$$

1) Im Anschluss an die Discussion über das geplante Riesenobjectiv von 44 Zoll Oeffnung.

woraus hervorgeht, dass ein Vergrössern der Dimensionen unter Beibehaltung des Oeffnungsverhältnisses im allgemeinen nur für Strich- und Punktgebilde einen Gewinn an Helligkeit mit sich bringt. Aber auch für diejenigen Gebilde ist es der Fall, welche bei kleiner Brennweite als Punkt, bei grosser als Fläche erscheinen.

Hier ist selbstverständlich vorausgesetzt, dass das optische System eine punktweise Abbildung liefert. Dabei ist der Begriff „punktweise“ aber erst zu definiren und zwar für jede Art der Beobachtung und für jedes herzustellende System.

Wir gehen zunächst von dem Falle aus, dass wir das Objectivbild durch ein Ocular betrachten (subjective Beobachtungsweise). Soll bei beliebiger Dimension des Objectivs der Lichtgewinn entsprechend den Ausdrücken 1) vor sich gehen, so muss vorerst die Bedingung erfüllt sein, dass alles auf das Objectiv auffallende Licht auch wirklich in die Pupille des Beobachters eindringt. Es muss also der Ocularkreis gleich der Pupille oder kleiner sein; das erheischt eine Vergrösserung, welche mindestens der Normalvergrösserung N gleichkommt. Diese ist aber, wenn ϱ den Radius der Pupille bedeutet:

$$N = \frac{R}{\varrho} \ldots \tag{2}$$

Ist ferner β der Winkel, unter dem zwei Punkte gesehen werden, deren Winkeldistanz gleich α ist, so gilt auch:

$$N = \frac{R}{\varrho} = \frac{\operatorname{tg}\beta}{\operatorname{tg}\alpha} = \frac{\beta}{\alpha} \ldots \tag{3}$$

wenn α klein genug.

Vom Auge wird nun jede Fläche noch als Punkt wahrgenommen, welche sich unter einem Sehwinkel von etwa 1 Bogenminute dem Auge darbietet. Setzt man demnach $\beta = 1'$, so erhält man aus Gleichung 3 die Grösse α des Zerstreuungskreises, welchen das Objectiv von einem Stern erzeugen darf, der noch als Punkt erscheinen soll. In folgender Tabelle ist $\varrho = 4$ mm gesetzt und R das eine Mal 53 mm, das andere Mal 530 mm angenommen.

R	ϱ	N	α
53	4	13,25	4,5″
530	4	132,5	0,45″

Man erkennt hieraus, dass bei subjectiver Beobachtung die Güte der Correction des Objectivs um so grösser sein muss, je grösser das Objectiv selbst wird. Soll wie bei dem geplanten 44-Zöller nur die Normalvergrösserung angewandt werden, so muss das Objectiv bis auf unter $^1/_2$ Sec. corrigirt sein. Die Folgerung ist also, dass man ein kleines Oeffnungsverhältniss, d. h. eine relativ lange Brennweite wählt und zwar wird man am besten so weit gehen, bis der sog. „Beugungseffect“ anfängt störend zu wirken. Mit der langen Brennweite geht ein kleines Gesichtsfeld und geringe Lichtstärke für Flächengebilde Hand in Hand.

Bei der objectiven, z. B. photographischen Beobachtungsweise hängt die Definition der punktweisen Abbildung von anderen Factoren ab. Zunächst werde angenommen, Objectiv und Platte seien ideal. Dann entsteht vom Fixstern ein Punkt auf der Platte und wie nahe man die Platte dem Auge nähere, in anderen Worten, wie stark man das Bild vergrössere, stets kommt alles Fixsternlicht auf ein Netzhautelement. Mit dem Nähern gewinnt man wegen des diffusen, vom Bildpunkte ausgehenden Lichtes an Lichtstärke, d. h. die vergrösserte Platte zeigt mehr als die direct angesehene.

Nun enthält aber die Platte „Korn“ und das Objectiv ist nicht ideal. Infolge des Kornes vertheilt sich die Intensität des Fixsternbildes auf einer Fläche, gleich der Grösse des Korns, und schon bei geringerer Lupenvergrösserung wird ein Netzhautelement ausgefüllt. Dasselbe Resultat tritt ein, wenn kein Korn vorhanden, das Objectiv aber Zerstreuungskreise giebt. Beide Einflüsse treten also in Concurrenz. Wie ihr Verhältniss zu einander auch sei, jedenfalls ist das zulässige Maximum des Zerstreuungskreises gegeben durch die Eigenschaft des Auges, zwei Punkte vom Abstand $^1/_{10}$ mm in deutlicher Sehweite nicht mehr getrennt zu erkennen. Das Minimum des Zerstreuungskreises ist durch die Grösse der Plattenelemente (Korn) festgelegt. Man könnte nun leicht geneigt sein, die Plattenelemente als Maassstab für die Correction des Objectivs anzunehmen und zu fordern[1]), dass der Zerstreuungskreis der photographischen

---

1) In astronomischen Kreisen ist diese Annahme viel verbreitet und demgemäss diese Forderung gestellt worden.

Fernrohrobjective gleich den Plattenelementen sei. Letztere sind aber nach Dr. NEUHAUSS[1]) bei den empfindlichsten Trockenplatten gleich $^1/_{100}$ mm, bei den Platten mit feinstem Korn gleich $^1/_{1000}$ mm.

Aus der Grösse x des Zerstreuungskreises des Objectivs findet man dessen Winkelwerth mittels der Formel $\sin\alpha = x/F$, wenn F die Brennweite bedeutet.

Für ein Riesenobjectiv von 106 cm Durchmesser und 424 cm Brennweite (also Oeffnungsverhältniss $^1/_4$) wird α für $x = {}^1/_{10}$, $^1/_{100}$ und $^1/_{1000}$ mm gleich 5″, 0,5″ und 0,05″. Wollte man also die Plattenelemente ausnutzen, so müsste das Objectiv bis auf 0,5″ bez. 0,05″ corrigirt sein, d. h. besser als es für subjective Beobachtung bei der Normalvergrösserung erheischt wird. Bei dieser Definition des Punktgesetzes für objective Beobachtung käme man daher auf eine längere Brennweite wie bei subjectiver Beobachtungsweise; man müsste also auf lichtstarke und mit grossem Sehfeld versehene Objektive verzichten. Diese aber sind zu spectroscopischen und photographischen Zwecken nothwendig, will man lichtschwache Himmelsobjecte der Beobachtung und der spectralen Analyse zugänglich machen. Für solche Zwecke bleiben aber die mit der Vergrösserung der Dimensionen eines Objectivs verbundenen Vortheile bestehen, wenn man das Punktgesetz so definirt, dass gerade eben noch die unter (1) aufgestellten Formeln Gültigkeit besitzen; es ist dies für den maximalen Zerstreuungskreis vom Radius $^1/_{20}$ mm, also für einen Zerstreuungskreis von 5″ bei einem 44-Zöller vom Oeffnungsverhältnis $^1/_4$ der Fall.

Das Punktgesetz gilt aber auch noch für einen beträchtlich grösseren Zerstreuungskreis, wenn man bedenkt, dass das Licht in demselben nicht gleichmässig vertheilt ist. Gerade durch die den Zerstreuungskreisen eigenthümliche Lichtvertheilung gewinnt ein Riesenobjectiv gegenüber einem kleinen Objectiv von ganz demselben Oeffnungsverhältniss.

Bei einem Objectiv von zehnmal so kleinen Dimensionen wie das geplante Riesenobjectiv wird α für $x = {}^1/_{10}$ mm $= 50''$.

---

1) Ueber Photographie in natürlichen Farben. Verhandlungen d. Phys. Ges. vom 8. Febr. dieses Jahres.

**

Das vom Fixsternbild ausgegangene Licht füllt also nahe ein ganzes Netzhautelement aus, wenn man die photographische Platte in der deutlichen Sehweite betrachtet. Hier bleibt also die Empfindung der Helligkeit eines Sterns ganz dieselbe, gleichviel ob die Intensität innerhalb des Sternbildes gleichmässig oder ungleichmässig vertheilt ist, etwa wie in Fig. 1, wo *a b* den Durchmesser des Zerstreuungskreises und die Curve die Art der Lichtvertheilung darstellen möge; im letzteren Falle werden nur die mittleren Theile des Netzhautelementes mit grösserer Intensität getroffen wie die peripherischen Theile. Das Element der Netzhaut integrirt einfach über alle Reize (*i* Fig. 1), die es gleichzeitig erfährt.

Jetzt vergrössere man alle Dimensionen bis auf das Zehnfache. Dann wird der Zerstreuungskreis zehnmal so gross, also gleich 1 mm, und die zehnmal so grosse Lichtmenge vertheilt sich somit auf eine ebenfalls zehnmal so grosse Fläche der Netzhaut. Beide Wirkungen heben sich auf, wenn die Lichtvertheilung im Zerstreuungskreise eine gleichmässige ist. Dagegen wird bei einer Vertheilung der Intensität im Sternbild des kleinen Objectivs (gemäss Fig. 1) bei Betrachtung des vom Riesenobjectiv erzeugten Sternbildes das m i t t l e r e Element der getroffenen Netzhautfläche auf nahe seiner g a n z e n Ausdehnung mit der m a x i m a l e n Intensität *I* geschlagen, welche beim kleinen Objectiv nur in der Mitte des getroffenen einen Elementes herrscht. Man wird also mit dem Riesenobjectiv noch Sterne wahrnehmen, die beim kleinen Objectiv unterhalb der Schwelle der Wahrnehmung bleiben.[1])

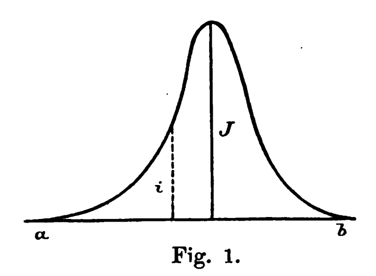


Fig. 1.

Diesem Umstande Rechnung tragend, nehmen manche Astronomen an, es könnte das Fixsternbild auf der Platte einen Durchmesser von dreifacher Grösse, also $^3/_{10}$ mm, haben,

1) Dasselbe gilt für spectrale Beobachtung, wenn man einen Spectroscopspalt von $^1/_{10}$ mm Breite benutzt, innerhalb dessen ein Fixsternbild entworfen wird, wie es bei den Spectraluntersuchungen von Fixsternen zu geschehen pflegt.

ohne dass das Punktgesetz (Formeln 1) seine Gültigkeit verliert. Um über die Grösse dieses Factors (er werde Punktgesetzfactor genannt) näheren Aufschluss zu erhalten, suchte der Vortragende denselben im Verein mit Herrn Dr. E. Brodhun auf experimentellem Wege zu bestimmen.

Dazu wurde ein von der Firma Carl Zeiss in Jena gütigst zur Verfügung gestellter Anastigmat von 9,3 cm Durchmesser und 42 cm Brennweite auf sein Auflösungsvermögen untersucht. Als Object dienten Gitter, gedruckte Zahlen und künstliche Sterne. Die Grösse der Zerstreuungskreise waren durch Rechnung bekannt und konnte auch annähernd durch die Abbildung einer weissglühenden geradlinigen Glühlampe bestimmt werden. Die Helligkeitsdifferenz der als Object benutzten Streifensysteme im Vergleich zum Hintergrund konnte beliebig bis Null geändert werden. So roh diese Orientirungsversuche [1]) auch waren, so zeigten sie doch, dass der Anastigmat Doppelsterne und Intervalle auflöste, deren Winkeldistanz 6 bis 10 mal so klein war wie sein augulärer Zerstreuungskreis.

Wollte man aus solchen Versuchen einen Schluss auf den Punktgesetzfactor ziehen, so müsste man denselben mindestens mit 6 in Anschlag bringen. Demnach brauchte der 44-Zöller nicht bis auf 5″ sondern nur bis auf 30″ genau corrigirt zu sein. Eine solche Correction aber auch über ein relativ grosses Gesichtsfeld herzustellen, scheint dem Vortragenden mittels 8 Flächen jedenfalls erreichbar zu sein. [2]) Aber auch bei einer Correction von nur 60″ würde der 44-Zöller immer noch so contrastreiche Objecte, wie es die Conturen der Mondsichel sind, deutlich und scharf abbilden.

Man darf eben aus der Grösse der Zerstreuungskreise allein noch nicht auf die Schärfe der Abbildung schliessen; vielmehr muss man erst durch Rechnung die genaue Licht-

---

1) Erwähnt sei noch, dass auch die Gültigkeit des Punktgesetzes bei dem Anastigmaten $1/4$ mit Erfolg geprüft wurde. In der That verschwanden die bei voller Oeffnung noch eben sichtbaren Sterne, wenn man die Oeffnung verkleinerte. Solche Versuche sind aber schwierig und bedürfen exacterer Versuchsvorrichtungen, als sie in so kurzer Zeit herzustellen waren. Die Versuche werden fortgesetzt.

2) Je grösser man das Gesichtsfeld wählt, um so kleiner muss natürlich das Oeffnungsverhältniss festgesetzt werden.

vertheilung aufsuchen. Aber auch die übliche trigonometrische Rechnungsweise giebt hierüber nicht vollkommen Aufschluss.[1])

Von dem geplanten Riesenobjectiv wusste man nun weiter nichts, als dass es innerhalb 10° Gesichtsfeld bis auf 1 Winkelminute corrigirt sei bei einem Oeffnungsverhältniss von $^1/_4$. Der Vortragende stellt es als unberechtigt hin auf Grund dieser Angaben ein so schroffes Verdammungsurtheil zu fällen, wie es geschehen. Denn entweder, es ist die Helligkeit im Zerstreuungskreis gleichmässig vertheilt, dann müssen sich die Strahlen irgendwo in einem Punkte treffen, oder aber die Helligkeitsvertheilung ist eine ungleichmässige, und dann tritt jener Factor in sein Recht. Der Vortragende beweist die Richtigkeit seiner Meinung an der Hand der STEINHEIL'schen Rechnungen über das Heliometerobjectiv [2]), deren Resultate mittels graphischer Zeichnungen vorgeführt werden.

Diese Untersuchungen von STEINHEIL werden gleichzeitig benutzt, um einiges über die Correction der Systeme im allgemeinen darzulegen, vor allem dass man mittels vier Flächen keine Ebenheit des Bildes und grosses Sehfeld erreichen kann. Will man demnach für objective astronomische Zwecke ein möglichst allen billigen Anforderungen genügendes Objectiv in Riesendimensionen ausführen, so muss man mehr als 4 Flächen und ein solches Oeffnungsverhältniss wählen, dass innerhalb des gewünschten Sehfeldes eben noch dem vom Vortragenden definirten Punktgesetze genügt wird. Eine genaue Durchrechnung kann aber erst lehren, bei welchem grössten Oeffnungsverhältniss die verschiedenen Forderungen grosser Lichtstärke für Sternspectra und grösstmöglichen Sehfeldes für Photographie zugleich erfüllt werden.

Eine solche specielle Rechnung ist aber, wie der Vortragende glaubte annehmen zu müssen und nachträglich persönlich durch Hrn. Dr. R. STEINHEIL erfuhr, noch nicht durchgeführt.

1) Bei dieser Gelegenheit geht der Vortragende kurz auf die Abbildung im Sinne der Wellenlehre und die aus der Beugungstheorie von RAYLEIGH, STOKES und neuerdings von KARL STREHL entwickelten Lehren ein.

2) ADOLF STEINHEIL, Ueber den Einfluss der Objectivconstruction auf die Lichtvertheilung in seitlich von der optischen Axe gelegenen Bildpunkten von Sternen bei zweilinsigen Systemen. Sitzungsber. d. math. naturw. Classe d. k. bayer. Akad. d. Wiss. **19**. p. 413—435. 1889.

Dieselbe lohnt sich auch dann erst, wenn die Gläser definitiv festgelegt sind, da sie monatelange Arbeit erfordert. Dabei muss natürlich auch auf die Dicke der Gläser und die durch dieselbe verursachte Absorption Rücksicht genommen werden. Freilich kommt es hier nicht auf die Gesammtabsorption, sondern nur auf die Absorption derjenigen Region an, für welche das Objectiv corrigirt und gerechnet werden soll.

Der Vortragende betont, dass die Verantwortung für die Ausführung des geplanten 44-Zöllers ohne vorherige Erfüllung aller dieser verschiedenen Vorbedingungen selbstverständlich von den Unternehmern zu tragen sei, von denen er seit Abgabe seines Gutachtens im Februar 1894 nicht befragt worden sei.

Die auf Veranlassung des Vortragenden von Hrn. Dr. R. Steinheil jetzt unternommenen gründlichen Durchrechnungen des Petzval'schen Typus werden lehren, bei welchem Oeffnungsverhältnis dem Punktgesetz sowohl in wie ausser der Axe genügt wird und hoffentlich bald Aufklärung geben über die verschiedenen jetzt noch nicht discussionsfähigen Leistungen eines 44-zölligen kurzbrennweitigen Riesenobjectivs.

In der dann folgenden Discussion, an der sich auch die Hrn. **F. S. Archenhold** und **W. von Bezold** betheiligten, bemerkt Hr. **J. Scheiner** zu dem Vortrage des Hrn. Lummer, dass es ihn wohlthuend berührt habe, hierdurch zum erstenmale etwas wirklich Wissenschaftliches im Zusammenhange mit dem Archenhold'schen Projecte des grossen Fernrohrs gehört zu haben und ferner die Erklärung vernommen zu haben, dass Hr. Lummer nur ein rein theoretisches Gutachten über die Möglichkeit, ein grosses Fernrohr von verhältnissmässig geringer Brennweite herzustellen, welches einem der verlangten Zwecke genügen könne, habe abgeben wollen, dass er aber gar nicht in der Lage sei, vor der Anstellung genauerer Berechnungen ein Urtheil über die praktische Brauchbarkeit des geplanten Instrumentes zu geben.

Er zeigt nun kurz, dass es unmöglich ist, alle Eigenschaften, welche das Archenhold'sche Fernrohr nach den über dasselbe erfolgten Anpreisungen besitzen soll, auf einmal zu erreichen, ja dass es unmöglich ist, auch nur eine derselben bei dem zunächst geplanten Verhältnisse 1:4 von Oeffnung

zu Brennweite zu erlangen. Als Beispiel führt Hr. Scheiner die Hinfälligkeit der Behauptung des Herrn Archenhold an, sein Fernrohr sei das lichtstärkste der Welt.

Für Flächenaufnahmen oder -Beobachtungen sind kleine Euryscope mit dem Brennweitenverhältnisse von 1 : 3 viel lichtstärker, ja für die Aufnahme von Nebelflecken — einem der wichtigsten Zwecke des Instrumentes — sind Spiegeltelescope selbst mit dem ungünstigen Brennweitenverhältnisse von 1 : 9 lichtstärker als diese Euryscope, weil bei diesen die ultravioletten Linien des Nebelspectrums durch Absorption bereits völlig unwirksam werden.

Für die Abbildung von Sternen bleibt das Archenhold'sche Fernrohr, selbst wenn unter Verzichtleistung auf ein brauchbares Gesichtsfeld wirklich punktförmige Abbildung in der optischen Axe erzeugt werden sollte, an Lichtstärke hinter dem Yerkesinstrumente zurück, schon allein infolge des vermehrten Lichtverlustes durch Reflexion an den 4 Flächen, welche das Archenhold'sche Objectiv mehr hat; die vermehrte Absorption drückt besonders bei photographischen Aufnahmen die Lichtstärke noch beträchtlich mehr zurück.

Schliesslich fasst Herr Scheiner sein Urtheil dahin zusammen, dass das Project des Herrn Archenhold in optischer Beziehung ein verfehltes sei, und dass es bei der Unkenntniss über die wichtigsten Factoren: Brechungscoefficienten, Absorptionscoefficienten etc. als völlig unreifes Project vor das Publicum und besonders vor die Physikalische Gesellschaft gebracht sei.

Herr Scheiner erklärt sich bereit, auch in eine Kritik des mechanischen Theiles des Projectes einzutreten, und bemerkt, dass der Schluss, zu dem er hierbei gelangen würde, in Bezug auf das Verfehlte und Unreife des Projectes derselbe wie beim optischen Theile sein würde.

Hr. **R. Pictet** sprach dann

Ueber kritische Temperatur.

Sitzung vom 8. März 1895.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Vor dem Eintritt in die Tagesordnung erhält Hr. **E. Lampe** das Wort.

Am Montag d. 4. März d. J. verschied nach langen und schweren Leiden Prof. Dr.

Julius Worpitzky,

der seit 1863 Mitglied der Physikalischen Gesellschaft gewesen ist. Zur Zeit, als er in dieselbe eintrat, war sie der Sammelpunkt aller jungen Physiker und Mathematiker Berlins, welche die Wissenschaft durch ihre Arbeiten zu fördern gedachten. Es war daher natürlich, dass ein Jüngling von solchen Talenten und solchem wissenschaftlichen Eifer wie Worpitzky die Mitgliedschaft der Gesellschaft erwarb. Später zog er sich jedoch infolge seiner ausschliesslichen Beschäftigung mit der reinen Mathematik und wegen seiner gehäuften Berufsgeschäfte von den regelmässigen Sitzungen gänzlich zurück und benutzte, wie so viele Mitglieder, nur noch den Lesezirkel.

Geboren am 10. Mai 1835 zu Karlsburg in Pommern, besuchte er das Gymnasium zu Anklam und erwarb dort zu Ostern 1855 das Reifezeugniss. Während der fünf ersten Semester studirte er auf der Universität Greifswald, im sechsten Semester (Winter 1857/58) in Berlin. Es folgte nun eine Periode seiner Thätigkeit als Privatlehrer, aus welcher Zeit sein Aufenthalt in Livland (1860—62) hervorzuheben ist. Von dort nach Preussen zurückgekehrt, trat er nach bestandenem Examen pro facultate docendi in das Schellbach'sche Seminar ein (1862/63) und nahm Antheil an der Herausgabe von Schellbach's „Lehre

von den elliptischen Integralen und den Thetafunctionen“, für welche er, wie in der Vorrede berichtet ist, den Nachweis für die Realität der Wurzel einer grundlegenden Gleichung führte. Bald nachher (1864) wurde er als ordentlicher Lehrer am Friedrichs-Gymnasium angestellt, das damals unter KRECH's Leitung mit dem Friedrichs-Realgymnasium vereinigt war, und vier Jahre später wurde er der Nachfolger des jetzigen Stadtschulraths von Berlin, des Geheimen Regierungsraths Prof. Dr. BERTRAM, als erster Mathematiker am Friedrichs-Werder'schen Gymnasium, nachdem er ein Jahr vorher in Jena auf Grund seiner Abhandlung „Ueber die Endlichkeit von bestimmten Integralen und Reihensummen“ zum Doctor promovirt war. Im Herbste 1872 wurde ihm an der Königlichen Kriegsakademie eine Lehrstelle für Mathematik übertragen. Das grosse Vertrauen, welches die vorgesetzten Behörden in ihn setzten, bekundete sich unter anderem auch darin, dass er für einige Zeit als Hülfsarbeiter in das Ministerium berufen wurde. In der Doppelstellung als Lehrer am Friedrichs-Werder'schen Gymnasium und an der Kriegsakademie hat er bis zu seinem nun erfolgten Ende treu gearbeitet; doch war er während der letzten drei Jahre seines Lebens durch eine fortgesetzte Folge verschiedener Krankheiten heimgesucht, sodass er bei der allmählichen Zerstörung seiner sonst rüstigen Kräfte in dieser Zeit nur noch wenig leisten konnte. Die Versetzung in den Ruhestand hatte er beim Magistrate von Berlin zum 1. April d. J. erbeten und erhalten. An der Königlichen Kriegsakademie versuchte er seit dem 1. October vorigen Jahres seinen dreistündigen Vortrag über Mechanik wieder aufzunehmen; vier Monate hat er ihn ohne Unterbrechung mit Aufbietung aller Energie gehalten. Zuletzt versagten aber beim Vortrage die Kräfte. Von zwei Offiziersburschen in seine

Wohnung zurückbegleitet und die drei Treppen hinaufgetragen, ist er nach mehrwöchentlichem Krankenlager einem Anfalle der Influenza erlegen, die ihn schon in den vorangehenden Jahren regelmässig ergriffen und jedesmal aufs äusserste geschwächt hatte.

Der Umstand, dass Worpitzky seine Studien hauptsächlich unter der Leitung des bejahrten Grunert in Greifswald gemacht hat, dass er dann mehrere Jahre fern von der Berührung mit jüngeren Mathematikern gelebt hat und in seiner Fortentwickelung auf sich selbst angewiesen gewesen ist, dürfte manches in der Eigenart seines Wesens und seiner Schriften erklären. Seine Arbeiten zeigen ein von angeborenem Talente getragenes, von Erfolg begünstigtes, zielbewusstes und selbständiges Streben, bekunden den heiligen Ernst seiner Forschung, verrathen aber auch an manchen Stellen den selbstbewussten Autodidacten. Er besitzt keine Scheu vor Autoritäten, sondern tritt ihnen kühn entgegen, wenn seine eigene, durch ernstes Nachdenken gewonnene Ueberzeugung gegen ihre Lehren streitet; andererseits kann man bei ihm die Berücksichtigung der Schöpfungen seiner Vorgänger vermissen und einen Mangel an Vertiefung in die Leistungen derselben oder an liebevollem Eingehen auf ihre Denkarbeit beklagen. Die Grundbegriffe der Mathematik prüft er mit philosophischem Blicke und kommt daher von selbst dazu, sich angelegentlich mit philosophischen Fragen zu beschäftigen. Diese Eigenschaften verleihen seinen Veröffentlichungen, besonders aber seinen „Elementen der Mathematik" ihren eigenthümlichen Reiz und haben ihnen viele Anerkennung verschafft, aber auch lebhaften Widerspruch hervorgerufen. Jedenfalls haben diese Elemente keine grössere Verbreitung als Lehrbücher zum Unterrichte auf Schulen gefunden. Gerade der philosophische Anstrich derselben und die nicht immer leicht durchsichtige, ob-

schon wohl überdachte, etwas fremdartige Fassung der Sätze haben die Lehrerwelt abgehalten, sie den Schülern in die Hand zu geben. Zum Zwecke der Belehrung für die Lehrer sollten sie in den Schulbibliotheken jedoch vorhanden sein.

In Uebereinstimmung mit dem Charakter seiner Schriften ging Worpitzky bei seiner Lehrerthätigkeit vor allem darauf aus, seinen Schülern den folgerichtigen Zusammenhang des Aufbaues der Mathematik zu einem streng logischen System klar zu machen; die Fertigkeit im Lösen von Aufgaben suchte er nur insoweit zu fördern, als dadurch jener höhere Zweck dem Schüler näher geführt wurde, eine Ansicht, über die er mit Schellbach sich nicht einigen konnte. Dieses Ziel wird auf Schulen meistens wohl nur bei einer kleinen Anzahl von Schülern zu erreichen sein, obwohl es in der That das Ideal eines auf wissenschaftlicher Grundlage beruhenden mathematischen Unterrichtes ist, und sicherlich wird der darauf ausgehende Lehrer stets seinen Schülern Hochachtung vor der ersten sich vor ihm entfaltenden reinen Wissenschaft einflössen. Wenn von Seiten des Lehrers dann noch jugendliche Begeisterung für seinen Stoff hinzutritt, so wird er gewiss erfreuliche Erfolge erzielen. An der Königlichen Kriegsakademie, wo der Schreiber dieser Zeilen während 20 Jahre als College des Verstorbenen Gelegenheit hatte, sein Wirken zu beobachten, hat Worpitzky in der That ein ihn beglückendes Verständniss für seine Vortragsweise gefunden.

Wie die nachfolgende Liste der Veröffentlichungen zeigt, bewegen sich die wissenschaftlichen Abhandlungen Worpitzky's auf dem Gebiete der Functionentheorie, und er begegnet sich bei seinen Untersuchungen öfter mit Briot und Bouquet; hierauf pflegte er in der Unterhaltung gern hinzuweisen, um die Priorität

mancher Ergebnisse für sich in Anspruch zu nehmen, wie dies bei der Eigenart seiner Arbeit sehr wohl glaublich war. Hier sei dieser Umstand nur erwähnt, um dadurch zu zeigen, dass er mit seinen Arbeiten mitten im Gedankenkreise der schöpferischen Mathematiker stand. Sein reichhaltiges Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung hat, wie die Elemente der Mathematik, reichlich Lob von der einen Seite, Tadel von der anderen erhalten, verdient aber wegen vieler Vorzüge eine grössere Verbreitung, als es gefunden hat. Denn das Ansehen auch dieses Buches hat unter der eigenthümlichen Form gelitten: es soll nicht den Vortrag begleiten, sondern nach Beendigung desselben zur Wiederholung den ganzen Inhalt in streng logischem Zusammenhange, daher vielfach in ganz anderer Folge vorführen, als dies bei einem ersten Vortrage geschehen kann. So wird die Integration gleichzeitig mit der Differentiation behandelt, und auch dieses grösste und bedeutendste Werk des Dahingeschiedenen zeigt somit überall die selbständige Eigennatur seines Verfassers.

In den letzten Jahren seines Lebens verlangte seine Doppelstellung als Lehrer zweier Anstalten den vollen Aufwand seiner allmählich sich erschöpfenden Kräfte. Noch auf dem letzten Krankenlager entwarf er jedoch Pläne für weitere wissenschaftliche Arbeiten, die er in der Musse des Ruhestandes ausführen wollte. Er wusste nicht, dass der Todesengel schon seine Schatten über ihn breitete, während er über seine neuen Entwürfe sann. Langsam schwanden seine Kräfte, bis er entschlummerte. Mit ihm ist eine bedeutende Persönlichkeit aus dem Kreise der Berliner Lehrer geschieden. Ehre seinem Andenken!

Die Anwesenden erheben sich zu ehrendem Gedächtniss des Verstorbenen von den Sitzen.

[illegible]ngen von Worpitzky.

[illegible] er.

1. [illegible]atik für gelehrte Schulen [illegible]rlin, Weidmann. Erstes [illegible] — Zweites Heft: Algebra, [illegible]rscheinlichkeitsrechnung, [illegible]metrie. 1872. — Drittes [illegible] 1874. — Fünftes Heft: [illegible]

2. [illegible]ial- und Integralrechnung. [illegible] r. 8°. 1880.

[illegible]lungen.

1. [illegible]ation der Riccati'schen [illegible]2.

2. [illegible]ng der monodromen und [illegible]ch Kettenbrüche. Erste [illegible] Berlin, 1865.

3. [illegible]it von bestimmten Inte- [illegible] Jenenser Inaug.-Dissert. [illegible]

4. [illegible]entheorie. Progr. Friedr. [illegible] 1870.

5. [illegible] Integral

$$[illegible] + C \sin\varphi ,$$

[illegible]ge (reelle oder complexe) [illegible] Mathemat. u. Phys. LV, [illegible]

6. [illegible]iffe der Geometrie. Arch. [illegible]05—421. 1873.



7. Auswerthung des Integrals

$$\int_0^\infty \frac{x^{a-1}}{x+\mu}\,dx.$$

Zeitschr. für Math. u. Phys. XIX, p. 90—92. 1874.

8. Ueber die Wurzeln der Gleichungen. Berlin, 1877.

9. On the roots of equations. Analyst V, p. 51—52. 1878.

10. Ueber die Verallgemeinerung der partiellen Integration. Zeitschr. für Mathemat. u. Phys. XXIII, p. 407—408. 1878.

11. Zahl, Grösse, Messen. Festschr. Friedr. Werder'-sches Gymn. 16 S. 8⁰. 1881.

12. Studien über die BERNOULLI'schen und EULER'-schen Zahlen. Journ. f. d. reine u. angew. Math. XCIV, p. 203—233. 1883.

13. Ueber die Partialbruchzerlegung der Functionen mit besonderer Anwendung auf die BERNOULLI'schen. Zeitschr. für Math. u. Phys. XXIX, p. 45—54. 1884.

14. Ueber die ganzzahlige Bestimmung von

$$\sqrt{b^2 - a^3} \quad \text{und} \quad \sqrt[3]{b + \sqrt{b^2 - a^3}}$$

bei der Auflösung der cubischen Gleichungen. Zeitschr. für math. u. naturw. Unterr. XVI, p. 578—582. 1885.

15. Ueber die pythagoreischen Dreiecke. Ebd. XVII, p. 256. 1886.

16. Zur Aufstellung quadratischer Gleichungen $x^2 \pm ax \pm b = 0$, deren Wurzeln bei jeder Combination der Vorzeichen von a und b rational sind. Ebd. XVII, p. 257,499—501. 1886.

17. Ueber die realen Lösungen der Gleichung $a^a = b^2 + c^2$. Ebd. XVIII, 168—177. 1887.

Hr. **W. Wien** sprach

Ueber pyrometrische Messungen.

Der Inhalt des Vortrages wird später nach Abschluss weiterer Versuchsreihen veröffentlicht werden.

Hr. **W. von Uljanin** (a. G.) sprach

Ueber die Polarisation der schief emittirten Strahlen.

Arago[1]) war der erste, welcher bemerkte, dass das von glühendem Platin schief emittirte Licht theilweise polarisirt sei und zwar senkrecht zu seiner Emissionsebene. Er sieht darin einen Beweis, dass das ausgestrahlte Licht nicht nur von der Oberfläche, sondern auch von den inneren Theilchen stamme. — Wohl am meisten mit dieser Erscheinung haben sich dann De la Provostaye und Desains[2]) beschäftigt. Sie maassen mittelst einer Thermosäule und eines Glimmersatzes den Procentgehalt des von glühendem Platin senkrecht zur Emissionsebene polarisirten Lichtes und benutzten ihre Resultate zur Prüfung eines als Hypothese zuerst von Fourier,[3]) später von Biot[4]) und Poisson[5]) angewandten Satzes, dass nämlich ein aus dem Innern des Körpers auf die Oberfläche gelangender Strahl genau im gleichen Verhältniss in einen reflectirten und hindurchgehenden Strahl getheilt wird, wie ein von aussen auf die Oberfläche fallender Strahl. Merkwürdigerweise wurde dabei keine Brechung, d. h. keine Richtungsänderung beim Austritt angenommen.

Zur Prüfung dieser Hypothese maassen De la Provostaye und Desains noch die Reflexion eines parallel und senkrecht zur Einfallsebene polarisirten Strahles von demselben Platinblech und fanden im Allgemeinen dieselbe bestätigt.

---

1) Arago Oeuvres compl. deutsche Uebers. VII. p. 335. 1860.

2) De la Provostaye & Desains, Ann. d. Ch. et d. Ph. III, 32. p. 112. 1851.

3) Fourier, Ann. Ch. et Ph. II, 27. p. 237. 1824.

4) Biot, Traité de Physique IV. p. 648.

5) Poisson, Ann. Ch. Ph. II. 26. p. 225. 1824.

In seiner Abhandlung über Emission und Absorption sagt KIRCHHOFF[1]), man könne den Polarisationszustand des von einem Körper ausgestrahlten Lichtes berechnen, wenn man nur die Gesetze der Reflexion von diesem Körper kenne. Denn aus der Gleichheit der Emission und Absorption folge, dass der Polarisationszustand des emittirten Lichtes gleich sein müsse demjenigen des von aussen hineingebrochenen, unter der Voraussetzung, dass der Körper eine genügende Dicke habe, um alles hineingebrochene Licht zu absorbiren.

MAGNUS[2] machte eine Reihe von Messungen an verschiedenen festen und flüssigen Körpern, meist nur bei einem Emissionswinkel von 55 Grad, und fand Polarisation bei reflectirenden, keine aber bei vollständig matten oder berussten Oberflächen.

In einer früheren Arbeit[3]) berechnet er nach den FRESNEL'schen Formeln die Gesammtintensität des aus einem strahlenden Körper hinausgebrochenen Lichtes und da dieses nicht proportional ist dem Cosinus des Emissionswinkels, so schliesst er, dass das LAMBERT'sche Strahlungsgesetz für glatte, d. h. regelmässig reflectirende Körper nicht gelten könne.

In verhältnissmässig neuerer Zeit wurden Strahlungsversuche an glühendem Platin zur Prüfung des LAMBERT'schen Cosinusgesetzes von MÖLLER[4]) angestellt. Seine mit dem WILD'schen Photometer angestellten Versuche ergaben bis auf 0,5 Proc. die Richtigkeit dieses Gesetzes für glattes Platin. Es finden sich in dieser Arbeit auch einige Messungen des Polarisationszustandes, welche aber vom Verfasser selbst für nicht besonders genau gehalten werden.

Endlich machte VIOLLE[5]) eine eingehende Untersuchung des Polarisationszustandes des von der Oberfläche von geschmolzenem Silber ausgestrahlten Lichtes mittelst des Photopolarimeters von CORNU. Er stellte eine empirische Formel auf, welche seine Resultate ziemlich genau wiedergibt.

Wie bereits erwähnt, verlangt das KIRCHHOFF'sche Gesetz

1) KIRCHHOFF, Pogg. Ann. 109. p. 275. 1860.
2) MAGNUS, Pogg. Ann. 134. p. 45. 1868.
3) MAGNUS, Pogg. Ann. 127. p. 600. 1866.
4) MÖLLER, Wied. Ann. 24. p. 266. 1885.
5) VIOLLE, C. R. 105. p. 111. 1886.

unter Voraussetzung einer genügenden Dicke des strahlenden Körpers, dass der emittirte Strahl gleich sei dem von aussen hineingebrochenen. Da aber die Intensität eines gebrochenen Strahles die gleiche ist, ob er von aussen in den Körper oder aus dem Körper hinausgebrochen wird, so können wir die bei schiefer Ausstrahlung auftretende Polarisation als eine Folge der Brechung beim Austritt auffassen.

Diese Beziehung habe ich nun an dem vorhandenen Material von De la Provostaye und Desains und Violle geprüft und habe selbst einige Messungen an Platin und schwarzem Glase ausgeführt.

Ich will kurz meine Versuchsanordnung beschreiben. In ein Stativ, welches um eine verticale Axe drehbar war, wurde ein Streifen glatten Platinbleches horizontal mittelst einer Feder gespannt und durch einen elektrischen Strom zum Glühen gebracht. Mit einer Steinsalzlinse wurde ein reelles Bild des Streifens auf den Spectrometerspalt geworfen. Zwischen Linse und Spectrometer war der Polarisator eingeschaltet. Derselbe bestand aus einem Satze von drei sehr dünnen Glimmerplatten, dessen Normale mit der Richtung des Strahles einen Winkel von 62 Grad bildete. Die Drehungsaxe des Polarisators war so centrirt, dass sie mit dem Strahl zusammenfiel. Die Wirkung dieses Polarisators wurde wiederholt mit Hülfe eines Glan'schen Prismas gemessen und ergab immer eine Polarisation von 55 bis 56 Proc. Das Spectrometer war ein Spiegelspectrometer mit Fluoritprisma und Bolometer. Das Stativ mit dem Platinstreifen, die Linse und der Polarisator waren auf einer optischen Bank verschiebbar.

Die Beobachtung geschah auf folgende Weise. Der Platinstreifen wurde so um die verticale Axe gedreht, dass er den gewünschten Winkel mit der Richtung des Strahles machte, und die Ausschläge des Galvanometers gemessen für die vier Hauptlagen des Polarisators. Das Bolometer war auf die Wellenlänge 3 μ eingestellt. Selbstverständlich wurde auch die durch die zweimalige Brechung im Fluoritprisma auftretende Polarisation berücksichtigt.

Um auch einen relativ durchsichtigen Körper zu prüfen, auf den die Fresnel'schen Formeln anwendbar sind, nahm ich eine 7 mm dicke schwarze Glasscheibe und drückte sie

auf eine dicke geschliffene Kupferplatte, welche von hinten mit drei Bunsenbrennern erhitzt wurde. Ich hatte mich vorher überzeugt, dass diese Glasplatte von der dahinter befindlichen Kupferplatte keine Strahlen zum Bolometer hindurchliess, so dass alle jetzt auf's Bolometer kommenden Strahlen aus dem Innern des Glases stammten. Zur Abhaltung der Strahlen vom überstehenden Kupferrand war ein Metallschirm mit Wasserspülung angebracht.

In folgenden Tabellen sind die Resultate enthalten.

I. Silber.

Emissionswinkel		20°	30°	40°	45°	50°	60°	65°	70°
Procentgehalt des pol. Lichts	berechnet	6,5	14,2	23,8	31,6	39,4	54,5	62,4	69,7
	beob. v. Violle	—	16,8	—	33,0	38.3	54,6	63,0	70,8

II. Schwarzes Glas.

Emissionswinkel		40°	50°	60°	70°
Procentgehalt des polar. Lichts	berechnet	2,9	5,2	8,5	14,0
	beobachtet	2,4	5,2	8,3	12,5

III. Platin.

Emissinswinkel	Beobachtet									berechnet	beob. nach starkem Glühen des Pt-Bleches
	Verhältnis der Galvanometerausschläge							Procentgeh. des polar. Lichts			
	I	II	III	IV	V	VI	Mittel	meine Beob.	De la Pr. u. Des.		
20°	1,13	1,07	1,13	1,13	1,12	1,15	1,12	5,7	—	5,4	—
30°	—	—	—	—	1,23	—	1,23	10,4	6,5	12,4	9,5
40°	1,57	1,58	1,64	1,50	1,54	1,48	1,55	21,6	26,0	22,1	17,0
50°	2,03	2,11	2,09	2,03	2,00	2,34	2,10	35,5	—	35,1	29,1
60°	3,04	3,44	2,88	2,99	2,71	2,85	3,00	50,0	51,0	50,6	42,9
70°	—	—	—	—	—	—	—	—	70,0	66,7	57,5

Bei den Metallen wurden zur Berechnung die Metallreflexionsformeln in der Form, wie sie sich in Kirchhoff's Vorlesungen über Optik[1]) finden, und die Drude'schen[2]) Metallconstanten für rothes Licht benutzt. Da die Versuche am Glase für eine Wellenlänge von ca. 4 μ ausgeführt werden

1) Kirchhoff, Vorles. über math. Optik. 10. Vorl.

2) Drude, Wied. Ann. 39. p. 504. 1890.

mussten, um nicht gar zu kleine Ausschläge im Galvanometer zu haben, und der Brechungsexponent für diese Wellenlänge wegen der starken Absorption direct kaum zu messen ist, so verfuhr ich folgendermaassen. Ich berechnete aus dem Polarisationswerth für den Emissionswinkel 50 Grad den Brechungsexponenten und benutzte ihn dann zur Berechnung der Polarisation für die anderen Winkel. Derselbe ergab sich zu 1,43. Messungen mit den Totalreflectoren an demselben Stücke schwarzen Glases für Natriumlicht ergaben den Werth 1,52.

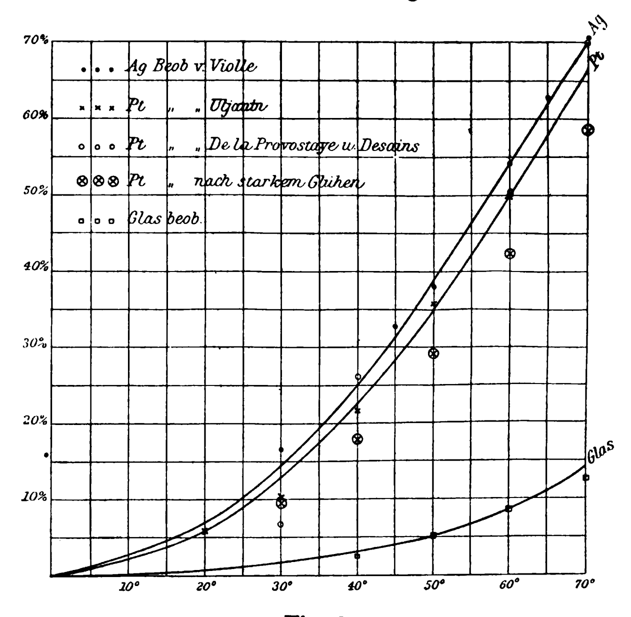


Fig. 2.

Im Vergleich mit der Dispersion des Flintglases[1]) ist dieser Brechungsexponent für 4 μ annehmbar.

Zur grösseren Anschaulichkeit sind die Resultate graphisch aufgezeichnet. Die ausgezogenen Curven sind die berechneten, die dazu gehörigen Punkte stellen die Beobachtungen dar.

Wie man sieht, stimmen die Beobachtungen mit den berechneten Curven gut überein, meine Beobachtungen an Platin besser als die von De la Provostaye & Desains. Von vorn-

1) Rubens, Wied. Ann. 53. p. 277. 1894.

herein musste man erwarten, dass die VIOLLE'schen Messungen an Silber besser der Theorie entsprechen würden, als meine Beobachtungen an Platin, da dieselben nach einer optischen Methode für sichtbare Strahlen angestellt sind, für welche auch die benutzten Metallconstanten gelten sollen. Der Umstand nun, dass meine für die Wellenlänge 3 μ angestellten Messungen an Platin bei Benutzung der Metallconstanten für rothes Licht mit der Theorie gut übereinstimmen, deutet darauf hin, dass Platin in diesem Gebiete eine sehr schwache Dispersion besitzt.

Wenn die Platinoberfläche nicht ganz glatt ist, so ist, wie schon MAGNUS gezeigt hat, der Procentgehalt des polarisirten Lichtes bedeutend geringer. Deutlich sieht man dies an den in der letzten Spalte der Tabelle befindlichen Zahlen. Dieselben stellen die aus zwei Versuchsreihen an einem durch Erhitzen bis zur Weissgluth etwas matt gewordenen Platinbleche berechneten Werthe dar.

Ebenso wie die Beobachtungen an Silber und Platin, so bestätigen auch die wenigen Messungen am Glase die Annahme, dass die bei schiefer Emission auftretende Polarisation lediglich eine Folge der Brechung der Strahlen beim Austritt aus dem Körper ist.

Hr. **H. W. Vogel** sprach:

Ueber das sogenannte künstliche Spectrum von CHARLES E. BENHAM.

Eine halb schwarze, halb weisse Scheibe ist auf der weissen Hälfte mit Kreislinien von $^1/_8$ Kreisumfang in verschiedenem Abstand vom Mittelpunkt bedeckt[1]) und wird auf einem Farbenkreisel in mässig schnelle Umdrehung gesetzt. Die schwarzen Kreisbogenstücke zeigen sich dann als homogene Linien, aber merkwürdiger Weise nicht schwarz sondern farbig. Dreht sich die Scheibe in der Richtung eines Uhrzeigers im Tageslicht, so erscheinen die inneren Kreisbogenstücke blau bis schwarzblau, die mittleren grünlich, die äusseren röthlich; wechselt man die Drehungsrichtung, so wird die Reihenfolge

---

1) Die Scheiben sind zu haben bei LEPPIN & MASCHE in Berlin.

der Farben eine entgegengesetzte (aussen schwarzblau, innen röthlich).

BENHAM sucht die Farbenerscheinung dadurch zu erklären, dass eine Reihe von intermittirenden Lichteindrücken bei der Drehung am Auge vorübergingen, die den Schwingungszahlen der rothen, grünen und blauen Lichtwellen entspráchen.[1])

Dieser Gedanke ist völlig unhaltbar, indem der Farbenkreisel höchstens eine Geschwindigkeit aufweist, um mit der SAVART'schen Lochsirene den Musikton a hervorzubringen.

Zur Hervorbringung des tiefsten Farbentons (Roth) aber gehören Billionen mal so viel Schwingungen. Noch auffälliger ist, dass bei beschleunigter Drehung die bemerkten Farben sich nicht zeigen, sondern es erscheint nur ein neutrales, schwach tingirtes Grau.

LIVEIING[2]) erklärt deshalb die Erscheinung aus der bekannten Thatsache, dass die Dauer des Lichteindrucks für verschiedene Farben verschieden sei; ebenso aus der Annahme, dass das Auge verschiedene Farben verschieden schnell empfinde. Wenn das Schwarz dem Weiss nachfolge, so bleibe der Eindruck des Blau etwas länger als der der anderen Farben.

Die rothe Farbe, welche erscheint, wenn Weiss dem Schwarz folgt, ist dem schnelleren Eindruck des Roth zuzuschreiben.

Wenn Weiss und Schwarz rasch aufeinander folgen, so wird der neue Eindruck des weissen Theiles sich geltend machen, ehe der des Vorgängers verschwunden ist, und ein Farbengemisch herauskommen von neutraler Tinte. Nach LIVEIING's Eindrücken war das Residuum beim plötzlichen Abschneiden weissen Lichts zuerst grün, abblassend in etwas Blau und Schieferfarbe. BENHAM dagegen behauptet, dass die Farben auch in der Sodaflamme erschienen und hält seine Theorie aufrecht.[3])

GREEN[4]) erinnert an die von HELMHOLTZ[5]) beschriebene Erscheinung: Eine Scheibe mit schwarzen und weissen Sectoren erscheint beim Rotiren als wie mit hexagonalen Flecken bedeckt.

---

1) BENHAM, Nature 29. Nov. p. 113. 1894.
2) LIVEIING, Nature 13. Dez. p. 167. 1894.
3) BENHAM, Nature 27. Dez. p. 200. 1894.
4) GREEN, Nature 31. Jan. p. 321. 1895.
5) HELMHOLTZ, Phys. Opt. p. 23. 1866.

Jeder dieser Flecke ist dunkel, heller im Centrum und von einem rothen Faden umgeben. Das Feld der Scheibe erscheint in einem grünen Hauch, welcher gegen den gelben Fleck (im Auge) fliegt.

ABNEY [1]) hat bei verschiedenfarbigen Beleuchtungen Experimente mit BENHAM's Scheiben gemacht. Er sagt, keine von den Farben ist rein, sondern gemischt mit einer gewissen Quantität Weiss und mit einem dunklen Hintergrund. Das Violett dauert am längsten, was mit der Erfahrung stimmt. Seine Erklärung kommt auf LIVEIING's hinaus (s. o.).

Wir haben es also hier zweifellos mit einer Erscheinung zu thun, die sich durch die bekannten Beobachtungen von HELMHOLTZ u. A. über das Anklingen und Abklingen der Farben genügend erklären lässt. Der Ausdruck „artificial spectrum" ist unhaltbar.

Sitzung vom 22. März 1895.

Vorsitzender i. V.: Hr. M. PLANCK.

Hr. **H. Rubens** demonstrirte

Ein neues Galvanometer für Gleichstrom und Wechselstrom.

Hr. **A. Raps** sprach dann

Ueber einen neuen Bremsregler für synchrone Bewegungen.

Nachdem der Vortragende die Nachtheile der Regulirvorrichtung bei dem sonst so vorzüglich ausgearbeiteten Typendruck-Apparat von Professor HUGHES hervorgehoben hat, welche ausser in der Zerbrechlichkeit und raschen Abnutzung des Regulators und der Bremse in einem sehr unangenehmen durch die Unsymmetrie des Kegelpendels hervorgerufenen Schleudern des ganzen Apparates bestehen, demonstrirte derselbe einen neuen Regulator, welcher die gerügten Fehler vermeidet, sehr ruhig arbeitet und einen Isochronismus besitzt, welcher denjenigen des HUGHES'schen Regulators noch übertrifft.

---

1) ABNEY, Nature 24. Jan. p. 292. 1895.

… Demonstration des Regulators
… die Theorie der sog. isochronen

…del kann wohl zur Regulirung
…elchem die Kräfte nicht sehr
…hseln, da aber in der bekann-
… Formel, welche die Umlaufzeit
… Kegelpendels bestimmt

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g} \cos \alpha}$$

… Ausschlagswinkel α als Variable
…ingeht, ist das Pendel kein im
…ntlichen Sinne isochrones, es
… vielmehr für jede Geschwin-
…eit eine Gleichgewichtslage an-
…men. Den genialen Construc-
…en von FOUCAULT und von
…LARCEAU gelang es jedoch, den
…ychronismus dadurch zu besei-
…n, dass sie Gegengewichte an-
…chten, welche der Schwere der
…ulatorkugeln passend entgegen-
…eiten. Diese Vorrichtungen kom-
…n hier wegen ihres zarten Baues
…och nicht in Betracht.

Professor HUGHES hat den Iso-
…onismus seines Regulators da-
…ch erreicht, dass er bei sei-
…n Kugelpendel die Wirkung der
…were durch starke elastische
…fte ersetzte.

Die Theorie des neuen Regu-
…ors ergiebt für die Schwingungs-

$$\ldots \sqrt{\frac{m l^3}{E B D^3}},$$

…den YOUNG'schen Modul, l den
…estigungspunkt der Lamellen,

B und *D* Breite und Dicke der Federn bedeuten. Die Schwingungsdauer ist demnach unabhängig von der Ausschlagsweite des Regulators, also ist derselbe isochron.

Der neue Bremsregler besteht aus (s. Fig.) einer Axe *a*, welche oben ihre Führung in der glasharten, leicht auswechselbaren Stahlplatte *b* hat und sich unten mit einer verrundeten Fläche auf die harte Schraube *c* auflegt. Durch das conische Zahnrad *r* wird der Regulator in Umdrehung versetzt. An der Axe sind die Stifte *f*, *f'*, welche die Kugeln *K*, *K'* tragen, mittelst der Lamellenfedern *m*, *m'* angeschraubt. Die Kugeln sind lose auf die Stifte *f*, *f'* aufgesteckt, sodass sie durch ihre eigene Schwere stets herunterzufallen streben. Sie werden getragen durch die Stahldrähte *d*, *d'*, welche an dem Regulirungsstift *l* befestigt sind. Dieser Regulirungsstift legt sich an seinem oberen Ende mit einem kleinen harten Ansatz an die Regulirschraube *A* an. Daher können die Kugeln während des Rotirens durch Drehen der Schraube *A* gehoben oder gesenkt werden, wodurch die Schwingungsdauer des Kegelpendels (s. Formel) entsprechend verändert wird, ohne dass die Reibung der beweglichen Theile irgendwie verändert und dadurch eine Phasenverschiebung der beweglichen Theile herbeigeführt wird. An den Siften *f*, *f'* sind die Bremspfropfen *n*, *n'* befestigt, welche bei zu grossen Ausschlägen des Regulators gegen den Bremsring *H* schleifen und dadurch die überschüssige Kraft absorbiren. Der Regulator zeichnet sich durch einen absolut ruhigen Gang aus und ist von dem Telegraphisten sehr leicht zu bedienen, da ihm die Regulirungsschraube bequem zur Hand liegt. Er lässt sich an die vorhandenen Apparate ohne Schwierigkeit anbringen, da er ein geschlossenes Ganze bildet; auch nimmt er der Hughes'schen Construction gegenüber bedeutend weniger Raum ein, was namentlich in grossen Telegraphenämtern sehr ins Gewicht fällt.

Regulatoren derartiger Construction sind seit etwa einem Jahre bei der Deutschen Reichspost im Betriebe und haben sich so gut bewährt, dass die Verwaltung der Reichspost in einen grossen Versuch mit denselben eingetreten ist.

… April 1895.

… Hr. B. SCHWALBE.

… e des schweren Verlustes,
… den am vorhergehenden
… wärtigen Mitgliedes

… dwig,

… Leipzig, erlitten hat und
… um ehrenden Angedenken
… itzen zu erheben.

… ung erhitzter Gase.

… ist bereits in den Sitzungs-
… der Wissenschaften ver-
… t.

… t Hrn. **von Aubel's** Versuche
… che Phänomen



… Wittig in Leipzig.



Jahrg. 14. Nr. 3.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

Sitzung vom 10. Mai 1895.

Vorsitzender: Hr. W. VON BEZOLD.

Der Kassenführer Hr. M. PLANCK erstattete Bericht über die Einnahmen und Ausgaben des abgelaufenen Geschäftsjahres. Es wurde ihm Entlastung ertheilt und der von ihm vorgelegte Voranschlag für das neue Geschäftsjahr genehmigt.

Nach der dann vorgenommenen Wahl erhielt der Vorstand folgende Zusammensetzung:

E. du BOIS-REYMOND: Ehrenvorsitzender

W. v. BEZOLD 1. Vorsitzender
E. WARBURG 2. Vorsitzender

B. SCHWALBE 1. Schriftführer
A. KÖNIG 2. „
R. BÖRNSTEIN 3. „
R. ASSMANN 4. „

M. PLANCK Kassenführer
W. BRIX, E. LAMPE } Kassenrevisoren

H. RUBENS 1. Bibliothekar
E. BLASIUS 2. „

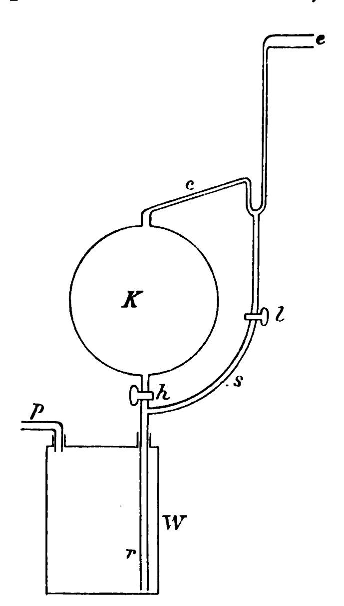
Hr. **A. König** sprach dann nach gemeinsam mit Hrn. **H. Rubens** gemachten Versuchen

über die Energievertheilung im Spectrum des Triplex-Gasbrenners und der Amylacetat-Lampe.

Hr. F. **Neesen** gab darauf eine

Vergleichung des Wirkungsgrades einer Tropfen- und einer Kolben-Quecksiberluftpumpe.

Zu den Versuchen wurden zwei selbsthätige Pumpen benutzt, deren nähere Anordnung ohne ausführlichere Zeichnungen nicht verständlich und daher an anderem Orte gegeben wird. Die Tropfenpumpe (in ihren Grundzügen Electrotechn. Z. S. XIV. p. 719 und Z. S. für Instrumentenkunde 1894. p. 115—118 beschrieben) beruht darauf, dass sich in engen Röhren Quecksilbertropfen von zuströmendem Quecksilber losreissen und Luft vor sich hertreiben. Bei der Kolbenluftpumpe steigt Quecksilber in einen grösseren Raum *C*, macht denselben luftleer, sinkt dann durch eigene Schwere herunter wie bei der GEISSLER'schen oder den verschiedenen Arten der TÖPLER'schen Pumpe.



Zur Messung der erzielten Luftverdünnung benutzte ich das bekannte Verfahren, eine abgeschlossene Gasmenge zu comprimiren und aus dem beobachteten Drucke des comprimirten Gases nach dem MARIOTTE'schen Gesetze den des nicht comprimirten Gases zu bestimmen. Da vergleichbare Messungen nur erhalten werden, wenn sie mit demselben Messapparat bei gleichen Entfernungen von der Pumpe angestellt sind, so bediente ich mich auch für die Kolbenpumpe eines besonderen Apparates, also nicht des Raumes *C* selbst als Messraum.

In obiger Figur ist *W* eine zweihalsige Flasche, welche durch *p* mit einer kleinen Hülfspumpe in Verbindung steht. Durch den anderen Hals geht das Rohr *r* mit Hahn *h*, an welches sich die Kugel *K* von 352 ccm Inhalt, ferner das Seitenrohr *s* mit Hahn *l* anschliesst. Kugel *K* und Rohr *s* stehen wie gezeich-

net in Verbindung mit der Capillare *c*. Letztere ist bei *e* an die Quecksilberpumpe angeschmolzen. In der Flasche *W* befindet sich Quecksilber. Um zunächst aus diesem die absorbirte Luft auszutreiben, werden, nachdem die Quecksilberpumpe schon einigermaassen gearbeitet hat, die Hähne *h* und *c* geöffnet. Das aus *W* nach *K* gedrückte Quecksilber lässt man nach Schluss der Hähne *h* und *l* einige Zeit stehen, dann durch Verdünnen der Luft in *W* nach Oeffnen von *h* und *l* zurückfallen, solange bis es etwa noch 4 cm über *h* bez. *l* steht. Die Hähne werden nun geschlossen. Das über ihnen stehende Quecksilber verhindert Aufsteigen von Fettdämpfen von den Hähnen aus. Behufs Vornahme einer Messung wird zunächst *l* geöffnet, bis das Quecksilber in die Capillare *c* eingedrungen ist und so Kugel *K* von der Pumpe trennt. Darauf lässt man durch Oeffnen von Hahn *h* Quecksilber in *K* einsteigen. In *c* bildet sich eine kleine Luftblase, deren Druck gemessen wird. Nach Verdünnung der Luft in *W* und Oeffnen der Hähne in *l* und *h* fliesst das Quecksilber nach *W* zurück, sodass ein neuer Versuch vorgenommen werden kann.

In der folgenden Tabelle sind 8 Versuche wiedergegeben. *h* bedeutet die Zeit in Stunden, während welcher die Pumpe gewirkt hat, *p* den erzielten Grad der Verdünnung in Atmosphären ausgedrückt.

	h	p
	Kolbenpumpe	
Versuch 1	5 Std.	$6{,}76 \cdot 10^{-7}$
„ 2	7 „	$4{,}27 \cdot 10^{-7}$
„ 3	4 „	$13{,}45 \cdot 10^{-7}$
	8 „	$2{,}56 \cdot 10^{-7}$
	22 „	$3{,}97 \cdot 10^{-7}$
„ 4	10 „	$3{,}64 \cdot 10^{-7}$
	12 „	$1{,}3 \cdot 10^{-7}$
	17 „	$1{,}04 \cdot 10^{-7}$
über Nacht stehen gelassen		
		$23{,}1 \cdot 10^{-7}$

	h Tropfenpumpe	*p*	
Versuch 5	1 Std.	$18{,}7 \cdot 10^{-7}$	
	2 „	$6{,}6 \cdot 10^{-7}$	
„ 6	1 „	$15{,}2 \cdot 10^{-7}$	
	2 „	$4{,}3 \cdot 10^{-7}$	
	4 „	$3{,}0 \cdot 10^{-7}$	
„ 7	2 „	$3{,}4 \cdot 10^{-7}$	
	5 „	$1{,}2 \cdot 10^{-7}$	
	6 „	$2{,}72 \cdot 10^{-7}$	es war die Messkugel durch eine zur Ablesung benutzte Kerze etwas erwärmt.
„ 8	$3^1/_2$ „	$3{,}2 \cdot 10^{-7}$	
	$6^1/_2$ „	$1{,}6 \cdot 10^{-7}$	

In Betreff der Tropfenpumpe ist zu beachten, dass dieselbe fortwährend weiter wirkt, auch wenn die Quecksilbertropfen hart auf einanderschlagen, und in den Capillaren anscheinend gar keine Luftblasen zwischen den einzelnen Tropfen erscheinen. Dieser Zustand war etwa nach 1 Stunde bei den obigen Versuchen erreicht. Die Zahlen zeigen auch nach dieser Zeit eine stetig weitergehende Luftverdünnung.

Bei der Kolbenpumpe wird bei den höheren Graden von Verdünnung, die gemessen wurde, in der Kugel der Pumpe selbst gar keine Luft mehr angezeigt. Das aufsteigende Quecksilber schlägt gegen den Tropfen in der Capillare an, ohne dass eine Luftblase zu bemerken ist, während das Maassgefäss noch die oben mitgetheilten sehr merkbaren Luftmengen anzeigt. Daher ist, wie schon oben erwähnt wurde, aus den Luftblasen an der Pumpe selbst gar nicht zu schliessen auf den an anderen Stellen erreichten Grad von Luftverdünnung. Der Grund hierfür liegt darin, dass die Luft in den Recipienten nur unter einem minimalen Drucke steht, daher sich sehr langsam bewegt und an dieser Bewegung noch durch die Reibung an den Wänden der etwa 1 m langen Leitung zum Maassgefäss gehindert wird.

Dass bei einzelnen Versuchen Nr. 3, 4, 7 die Verdünnung schliesslich zurückgegangen ist, hat seinen Grund in der wohlbekannten Thatsache, dass die Glaswände viel Gas absorbiren und diese namentlich bei Erwärmungen abgeben. Im Beginne der Luftverdünnung wirkt die Kolbenpumpe (die benutzte hatte

einen Kugelinhalt von 800 ccm) rascher als die Tropfenpumpe; ein Verhältniss, welches sich jedoch umkehrt, sobald der Druck etwa auf 0,1 mm gesunken ist. Von da an wirkt die Tropfenpumpe rascher und absolut stärker. Weshalb dieses der Fall, erklärt sich leicht. Die Tropfenpumpe wirkt kontinuirlich, so dass in jedem Augenblicke ein gegen den Recipienten offener leerer Raum vorhanden ist, in welchen die Luft aus jenem tritt. Ausserdem wird die Luft durch die fallenden Tropfen dauernd in Bewegung gehalten. Bei der Kolbenpumpe kann nur während der kurzen Zeit, während welcher das fallende Quecksilber die Mündung des Rohres *E* freigibt, die Luft aus den anliegenden Theilen in einen leeren Raum, die Kugel *C*, treten. Wenn nun auch dieser letztere viel grösser ist, wie die kleinen Räume der capillaren Fallröhren, so reicht die Zeit nicht aus, dass die Luft aus allen Theilen des Recipienten in die entleerte Kugel vordringt. Es fehlt ferner die Erschütterung, welche die fallenden Tropfen bei der Tropfenpumpe hervorrufen.

Bei der Wahl zwischen den beiden Arten von Pumpen, würde meines Erachtens nach die Kolbenpumpe vorzuziehen sein, wenn es sich nur um Drucke bis 0 mm handelt und ferner die stossweise Wirkung dieser Art nicht hinderlich ist. Handelt es sich dagegen um grössere Verdünnungen wie bei der Herstellung von Glühlampen, so verdient eine Tropfenpumpe den Vorzug. Dasselbe ist der Fall, wenn ein stetiges Arbeiten, wie bei Destillationen nöthig erscheint. Ins Gewicht wird ferner fallen, dass die Tropfenpumpe mit einer viel geringeren Quecksilbermenge auskommt, wie die Kolbenpumpe (bei den von mir benutzten Apparaten 2,5 kg gegen 13 kg). Anscheinend ist allerdings auf der anderen Seite die Tropfenpumpe wegen der vielen Fallröhren zerbrechlicher. Ich habe indessen meine Pumpe jetzt $1^1/_2$ Jahr in Gebrauch, ohne dass die Röhren gesprungen sind. Vor äusserer Beschädigung sind dieselben durch vorgesetzte Glasscheiben zu schützen. Der Preis der beiden Pumpenarten, wenigstens derjenigen, welche oben beschrieben sind, ist der gleiche.

Sitzung vom 24. Mai 1895.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **F. Neesen** macht folgende Bemerkung in Betreff

der Aenderung der specifischen Wärme des Wassers mit der Temperatur.

In dem Berichte über eine Untersuchung der specifischen Wärme des Wassers von den Hrn. Bartoli und Stracciolі[1]) finde ich, dass bei der betreffenden Untersuchung sich ein Minimum der specifischen Wärme bis 20° herausgestellt hat. Es ist von früheren Arbeiten in dem Berichte nur auf die Arbeit von Rowland Bezug genommen, welcher auch ein solches Minimum aber bei 30° gefunden hatte. Daher erscheint es mir erwähnenswerth, dass ich aus meinen Beobachtungen[2]) für dieses Minimum genau dieselbe Temperatur wie die Hrn. Bartoli und Stracciolі, also auch 20°, ableitete.

Hr. **W. v. Bezold** sprach dann

über die Theorie des Erdmagnetismus.

Der Inhalt des Vortrages ist unter dem Titel: über Isanomalen des erdmagnetischen Potentials in den Sitzungsberichten der Berliner Akademie der Wissenschaften vom 4. April d. J. bereits veröffentlicht.

Sitzung vom 14. Juni 1895.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **F. Kurlbaum** spricht

über die neue Platinlichteinheit der Physikalisch-technischen Reichsanstalt[3]),

nach gemeinsam mit Hrn. **O. Lummer** angestellten Versuchen.

Als Lichteinheit wird diejenige Lichtmenge vorgeschlagen, welche 1 qcm glühenden Platins von bestimmt zu definirender

1) Bartoli und Stracciolі, Ann. chin. phys. (6) **29.** p. 185—288. 1886.

2) F. Neesen, Wied. Ann. **18.** p. 369—386. 1883.

3) Vgl. Bolometrische Untersuchungen für eine Lichteinheit. Von O. Lummer u. F. Kurlbaum. Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. **11.** p. 1—10. 1894.

Temperatur ausstrahlt. Die Temperatur des Platins soll durch das Verhältniss zweier Strahlungsmengen definirt werden. Die eine Strahlungsmenge sei die vom Platin ausgehende gesammte Strahlung, die andere sei die durch ein bestimmtes Absorptionsmittel hindurchgelassene Theilstrahlung. Verhalten sich diese Strahlungen z. B. wie 10 : 1, so möge hierdurch die Temperatur des Platins charakterisirt sein. Das Maass für die beiden Strahlungsmengen soll die Erwärmung sein, welche ein Bolometer durch die Strahlung erfährt. Das absorbirende Mittel sei definirt als ein Gefäss mit parallelen Wänden aus Quarz von je 1 mm Dicke, welche eine Wasserschicht von 2 cm Dicke einschliessen.

Auf diese Weise soll also nur eine Temperatur, die nicht näher in Graden Celsius angebbar zu sein braucht, festgehalten werden.[1]) Bei Aufstellung dieser Lichteinheit wurde von der Annahme ausgegangen, dass das Platin jedesmal, wenn es diese Temperatur besitzt, auch die gleiche Lichtmenge aussendet. Die Richtigkeit dieser Annahme wurde experimentell bewiesen.

Die so definirte Lichteinheit wird auf folgende Weise praktisch hergestellt.

Ein Platinblech wird durch electrischen Strom geglüht, vor dem Blech steht ein Diaphragma von 1 qcm Fläche. Das glühende Blech bestrahlt durch das Diaphragma ein Bolometer, einmal mit seiner Gesammtstrahlung, ein anderes Mal mit der durch das Absorptionsmittel hindurchgelassenen Theilstrahlung. Das Verhältniss dieser Strahlungsmengen wird durch die Ausschläge des Galvanometers angezeigt. Der Strom, welcher das Platinblech zum Glühen bringt, wird so lange variirt, bis die beiden Strahlungsmengen sich wie 10 : 1 verhalten. Ist dies erreicht, so werde die Lichtmenge, welche das Platinblech senkrecht zu seiner Fläche durch das Diaphragma hindurchsendet, als die Lichteinheit betrachtet.

Zur Vergleichung der so gewonnenen Lichteinheit zogen

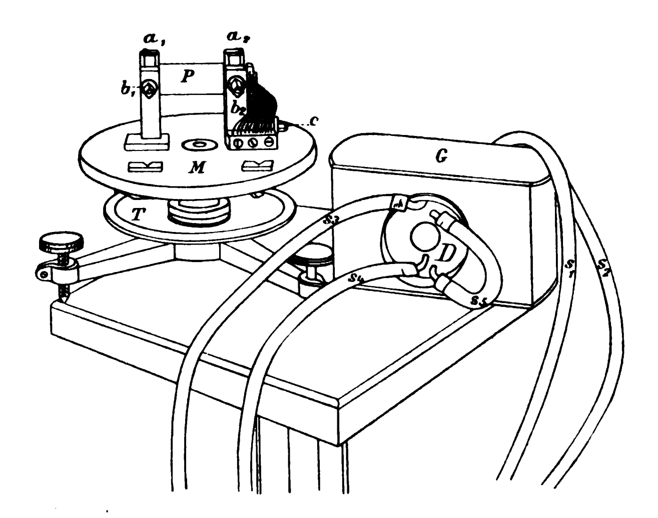
---

1) Es ist natürlich möglich, die Temperatur des Platins durch seine Widerstandsänderung zu messen, vgl. L. Holborn u. W. Wien, Ueber die Messung hoher Temperaturen. Wied. Ann. **56**. p. 376. 1895; bis zu einer gewissen Grenze der Genauigkeit könnte die Lichteinheit auch durch diese Temperatur definirt werden.

wir eine andere Lichtquelle heran, deren Constanz für ein längeres Zeitintervall gesichert ist. Eine solche Lichtquelle ist eine Glühlampe, deren Stromstärke constant gehalten wird.[1])

Zur Herstellung der Lichteinheit sind mehrere Apparate erforderlich.

1. Der Platinglühapparat (vgl. Figur). Derselbe besteht aus einem Dreifuss, welcher einen Theilkreis T und eine Marmorplatte M trägt. Durch die Marmorplatte sind von unten zwei dicke Kupferdrähte geführt und mit zwei Messingbalken a_1 und a_2 verbunden, welche auf der Platte stehen. An den



Messingbalken sind Klemmen b_1 und b_2 angebracht, zwischen denen das Platinblech P festgeklemmt werden kann. Die Platinbleche sind ungefähr 25 mm breit, 60 mm lang und 0,015 mm dick, und stehen mit der Breitseite senkrecht. Der eine Messingbalken a_2 ist in horizontaler Richtung durch die Schraube c verstellbar, damit das Platinblech gespannt werden kann. Der Strom wird durch eine Accumulatorenbatterie von 32 Volt geliefert und zwischen 50 und 100 Ampère variirt. In den Stromkreis sind ein Ampèremeter und drei parallel

1) Ueber die Constanz dieser Vergleichslichtquelle vgl. O. Lummer u. E. Brodhun, Vergleichung der deutschen Vereinskerze und der Hefnerlampe mittelst electrischer Glühlichter. Zeitschr. f. Instr. p. 120—126. 1890

geschaltete Ballastwiderstände, welche eine sehr feine Stromregulirung gestatten, eingeschaltet. Auf die Marmorplatte wird eine doppelwandige Metallglocke *G* gesetzt, zwischen beiden Wänden circulirt ein Wasserstrom zur Abkühlung der Glocke durch die Schläuche s_1 und s_2. Die Verticalwand der Glocke ist durchbrochen und nimmt die Messdiaphragmen *D* von 1—4 qcm auf, welche für sich wiederum eine innere Wasserspülung durch die Schläuche s_3, s_4 und s_5 besitzen.

2. Das Absorptionsgefäss. Dasselbe besteht aus einem cylindrischen Glasring, dessen Oeffnungen durch zwei parallele Quarzplatten verschlossen sind. Die Quarzplatten sind je 1 mm dick und schliessen eine Wasserschicht von 2 cm Dicke ein.

3. Das Bolometer. Das Bolometer ist das früher von uns beschriebene, und wir müssen wegen der Details auf diese frühere Abhandlung verweisen.[1]) Es unterscheidet sich von diesem nur in einem wesentlichen Punkt, die jetzigen Bolometerstreifen sind beiderseits electrolytisch mit Platinschwarz überzogen, während die früheren einseitig mittels einer Petroleumflamme berusst waren. Der Grund dieser Aenderung wird später ausführlich besprochen werden.

4. Der Fallbrettverschluss. Zwischen Platinblech und Bolometer ist ein fallbrettartiger Verschluss eingeschaltet, bei dessen Aufziehen das Bolometer bestrahlt wird. Der Verschluss hat eine innere Wasserspülung, welche ihn auf der Bolometertemperatur hält und welche mit der Wasserspülung des Messdiaphragmas communicirt.

5. Die photometrische Vergleichung. Der Platinglühapparat kann um einen rechten Winkel gedreht werden, so dass er ein Lummer-Brodhun'sches Photometer bestrahlt. Auf der anderen Seite des Photometers steht die oben als Vergleichslichtquelle erwähnte Glühlampe, mit der das glühende Platinblech in Bezug auf seinen photometrischen Effect verglichen werden kann.

Es müssen nun die Fehler, die bei der Herstellung der Lichteinheit gemacht werden können, einzeln untersucht werden.

---

1) O. Lummer u. F. Kurlbaum, Bolometrische Untersuchungen. Wied. Ann. 46. p. 204—224. 1892.

1. Constanz des glühenden Platinblechs. Es fragt sich zunächst, wie kann das Platinblech auf constanter Gluth gehalten werden. Ein frei im Zimmer glühendes Platinblech zeigt bedeutende Schwankungen in der Temperatur, welche durch unregelmässige Luftströmungen entstehen. Dagegen glüht ein Platinblech unter der oben beschriebenen Glocke sehr constant, da die Luftströmungen einen gleichmässigen Verlauf nehmen. Dies wird durch die Strömungscurven an den inneren Wandungen der Glocke zum Ausdruck gebracht, an denen sich das verdampfende Platin in regelmässigen Figuren als Platinruss niederschlägt.

Nachstehende Tabelle zeigt eine Reihe von Galvanometerausschlägen, welche durch die Theilstrahlung eines Platinblechs verursacht und von Minute zu Minute abgelesen wurden.

Ausschlag in mm	Abw. vom Mittel
364,3	+ 0,9
3,8	+ 4
3,0	− 4
4,0	+ 6
3,5	+ 1
3,0	− 4
2,8	− 6
3,2	− 2
362,9	− 0,5
363,4	

Trotzdem die Abweichungen vom Mittel kleiner als 1 mm geblieben sind, so ist doch erkennbar, dass Schwankungen in der Strahlung vorhanden waren, denn bei Strahlung einer Glühlampe bleiben die Abweichungen wesentlich kleiner. Ferner zeigt die ausgewählte Reihe einen langsamen Gang, da die oberen Abweichungen fast alle positiv, die unteren alle negativ sind. Für die praktischen Versuche ist die Strahlung aber schon als genügend constant zu betrachten.

Das Platinblech nimmt diese constante Temperatur natürlich erst an, nachdem die Regulirwiderstände, welche durch den Strom stark erwärmt werden, eine stationäre Temperatur angenommen haben. Ferner bleibt die Temperatur des Platinblechs nicht über grössere Zeiträume constant, weil die Spannung der Accumulatoren sinkt und Platin vom Platinblech verdampft, wodurch dessen Widerstand zunimmt und die Stromstärke noch mehr abnimmt.

2. Benutzung der Galvanometerausschläge. Es war vorhin gesagt, dass sich die Gesammtstrahlung und Theilstrahlung z. B. wie 10:1 verhalten sollten, und dass dies durch das Verhältniss der Galvanometerausschläge gemessen werden sollte.[1]) Da es aber unvortheilhaft ist, mit so kleinen Galvanometerausschlägen zu arbeiten, und dazu ist man gezwungen, wenn der eine Ausschlag zehnmal so gross sein soll als der andere, so thut man besser, die beiden Ausschläge auf irgend eine Weise gleich zu machen.

Eine Methode besteht darin, das Bolometer für die Strahlung 1 in den Abstand 1 von der Strahlungsquelle und für die Strahlung 10 in den Abstand $\sqrt{10}$ zu bringen, damit die Ausschläge gleich werden. Dies wurde einfach dadurch erreicht, dass das Bolometer auf eine optische Bank gesetzt wurde, auf der es bequem um ablesbare Strecken verschoben werden konnte.

Ein zweiter Weg ist, den Strömen, welche zum Messen der Widerstandsänderungen im Bolometer benutzt werden, das umgekehrte Verhältniss 1 : 10 zu geben, so dass die Ausschläge für die Gesammt- und Theilstrahlung gleich werden. Auf diese Weise wurden sehr gute Resultate erhalten, doch ist diese Methode nur für relative und nicht für absolute Messungen anwendbar, da ja das Bolometer selbst in beiden Fällen allein schon durch den Messstrom auf eine verschiedene Temperatur gebracht wird. Für absolute Messungen darf man daher den Messstrom nicht ändern, wenn man sich nicht durch den Versuch überzeugt hat, dass das Resultat das gleiche ist wie bei der Aenderung des Abstandes. Für unsere Verhältnisse war das Resultat innerhalb eines Procentes das gleiche.

3. Versuch die Lichteinheit zu reproduciren. Um die einzelnen Fehlerquellen untersuchen zu können, müssen wir die Lichteinheit zu reproduciren versuchen und die einzelnen bestimmenden Stücke absichtlich variiren. Für diese relativen Untersuchungen können wir, wie oben erwähnt, die einfachere Beobachtungsweise wählen und den Messstrom für

---

1) Auf den Umstand, dass durch das Absorptionsgefäss der strahlende Körper optisch näher gerückt wird, soll hier nicht näher eingegangen werden.

die Galvanometerausschläge 1 : 10 im umgekehrten Verhältniss 10 : 1 wählen, so dass die Ausschläge gleich werden. Es wird nun zunächst das Glühen des Platinblechs so lange variirt, bis die Ausschläge vollkommen gleich sind. Dann wird der Platinglühapparat um 90° gedreht und der photometrische Effect gemessen. Es entspreche dem Verhältniss der Ausschläge v, welches zuerst gleich 1 ist, der photometrische Effect $e = 1$. Hierauf wird die Temperatur des Platins erhöht und v_1 und e_1 wiederum bestimmt. Es wurde gefunden, dass für $v_1 = 1{,}01$ $e_1 = 1{,}03$ wird, d. h. für dies Intervall ist $\Delta e / \Delta v = 3$. Einer Aenderung von v um 1 Procent entspricht also eine Aenderung von e um 3 Procent. Da wir aber mit Leichtigkeit bei einer Grösse der Ausschläge von 50 cm dieselben auf 0,1 Procent genau bestimmen können, so ist die Lichteinheit, soweit sie vom blossen Messen der Ausschläge abhängt, auf 0,3 Procent gesichert.

Uebrigens wird $\Delta e / \Delta v$ um so kleiner, je höher die Temperatur des Platins genommen wird, also wenn man von dem Verhältniss 1 : 10 zu dem Verhältniss 1 : 9 übergeht, d. h. die Methode wird um so genauer, je höher die Temperatur gewählt wird. Aus diesem Grunde wäre es wünschenswerth, wenn man statt der Platinbleche Iridiumbleche anwenden könnte, die erst bei höherer Temperatur schmelzen würden. Jedoch ist es bis jetzt noch nicht gelungen, Iridium in die Form von Blechen zu bringen.

In dem Ausdruck $\Delta e / \Delta v = 3$ steckt natürlich eine individuelle Eigenschaft des Galvanometers, die namentlich durch seine Dämpfung bedingt wird. Jede individuelle Eigenschaft des Galvanometers fällt aber fort, sobald die Ausschläge vollkommen gleich sind.

Nach diesen Auseinandersetzungen können Fehler in den Bestimmungsstücken der Lichteinheit einfach in Procenten der Lichteinheit ausgedrückt werden, damit Vorführungen von unübersichtlichen Rechnungen vermieden werden.

4. Oberflächenbeschaffenheit des Platins. Was zunächst die Platinbleche betrifft, so zeigt sich schon beim Glühen auf hoher Temperatur ein Unterschied zwischen chemisch reinen und nicht ganz reinen Blechen. Bei beiden Blechen wird die Oberfläche vollkommen blank, aber bei den

nicht reinen verdampfen die Verunreinigungen heraus, so dass die Oberfläche nicht vollkommen glatt bleibt, während die chemisch reinen fast spiegelglatt werden. Bei verschiedenen chemisch reinen Blechen blieben die Abweichungen der Lichteinheit immer unterhalb eines Procentes, bei chemisch nicht ganz reinen Blechen kamen Abweichungen von 2—3 Proc. vor. Das vorzüglich reine Platin wurde von W. C. Heraeus in Hanau geliefert.[1])

5. Temperaturdifferenzen am Platinblech. Da das Platinblech in Luft glüht, welche erhitzt an demselben in die Höhe steigt, so ist es an seinem oberen Rande wesentlich heisser als an seinem unteren. Ein Diaphragma, welches vor das Blech gestellt wird, integrirt also über verschieden heisse Stellen. Daher haben wir mit einem Diaphragma von 1 qcm andere Resultate erhalten, als mit einem solchen von 4 qcm, jedoch waren die Abweichungen so gering, dass sie selbst bei oberflächlichem Innehalten einer vorgeschriebenen Grösse leicht vermieden werden können. Ein ähnlicher Einfluss ist vorhanden, wenn man das Diaphragma näher an dem Blech oder weiter entfernt aufstellt.

6. Ausmessung des Diaphragmas. Die absolute Grösse des Diaphragmas muss natürlich sehr genau bekannt sein, Unsere Messungen haben ergeben, dass wir den Durchmesser eines kreisrunden Diaphragmas nicht genauer als auf 0,01 mm messen können, da das Bild im Mikroskop ein einseitig begrenztes ist. Bei einem Diaphragma von 1 cm Durchmesser würde ein Fehler von 0,01 mm die Lichteinheit um ein Fünftel Procent ändern.

7. Cosinusgesetz. Um zu untersuchen, wie genau das Platinblech parallel zur Ebene des Diaphragmas stehen muss. wurde dem Platinblech die Form einer leicht gekrümmten Cylinderoberfläche gegeben. Ein Einfluss auf die Lichteinheit konnte nicht nachgewiesen werden, d. h. innerhalb der Grenzen gilt jedenfalls noch das Cosinusgesetz.

8. Das Absorptionsgefäss. Die absorbirende Schicht welche die vom glühenden Platin ausgesandten Strahlen passiren

---

1) Vergl. F. Mylius und Foerster. Ueber die Herstellung von reinem Platin. Zeitschr. f. Instrum. 1892. 96.

müssen, besteht aus zwei Quarzplatten von je 1 mm Dicke, welche eine Wasserschicht von 2 cm Dicke einschliessen. Zunächst wurden 15 planparallele optisch reine Quarze auf ihr Absorptionsvermögen für die gesammte Strahlung des Platins untersucht, sie verhielten sich alle innerhalb der Beobachtungsfehler vollkommen gleichmässig. Ein Fehler von 0,1 mm in der Quarzdicke würde die Lichteinheit erst um 0,1 Proc. ändern. Eine etwaige geringe Erwärmung des Quarzes übt keinen schädlichen Einfluss aus, da sich das Absorptionsvermögen innerhalb dieser Grenzen nicht ändert. Es muss nur dafür gesorgt sein, dass der Quarz das Bolometer fortwährend bestrahlt, so dass er nicht als neue Strahlungsquelle beim Aufziehen des Fallverschlusses erscheint; dies war immer der Fall, da das Absorptionsgefäss dicht vor dem immer offen stehenden Bolometer stand.

Dagegen muss die Dicke der Wasserschicht sehr genau bekannt sein, da 0,1 mm Dickenänderung die Lichteinheit schon um 1 Procent ändert.

Jedoch ist die Dicke der Wasserschicht genau durch die Dicke des oben erwähnten cylindrischen Glasringes bestimmt, und diese Dicke ist mit Hülfe eines vorzüglichen Sphärometers bis auf wenige μ genau gemessen. Eine Temperaturänderung des Wassers innerhalb weniger Grade ist gleichfalls ohne Belang.

9. Von der grössten Bedeutung sind die selectiven Eigenschaften des auf den Bolometerstreifen aufliegenden absorbirenden Mediums. Petroleumruss ist bekanntlich für die Wärmestrahlen mehr oder weniger durchlässig, er ist sogar schon für die längsten, sichtbaren Wellen durchlässig, da er, in dünnen Schichten auf hellem Grunde aufgetragen, rothbraun erscheint. Dies hat zur Folge, dass ein dünn berusstes Bolometer viel weniger von den Wärmestrahlen absorbirt als ein dicker berusstes, daher ist der Galvanometerausschlag beim dünn berussten Bolometer relativ viel kleiner als beim stark berussten, während sich beide im optischen Gebiete ziemlich gleich verhalten. Es lässt sich nun die Dicke der Russschicht garnicht definiren und zwei vollkommen gleich aussehende berusste Bolometer geben für die Lichteinheit leicht eine Abweichung von 10 Procent. Daher musste der Petroleumruss und ebenso

die üblichen durch andere russende Flammen erzeugten Russschichten für diese Zwecke verworfen werden.

Sehr gute Resultate wurden nach umfangreichen Versuchen mit electrolytisch niedergeschlagenem Platinschwarz erhalten. Es zeigte sich zwar, dass Platinschwarz, welches aus Lösungen verschiedener Concentration, oder mit anderer Stromstärke oder Electrodenspannung, oder in dickerer Schicht hergestellt ist, noch verschiedene Resultate giebt, allein in diesem Fall sind es Alles Grössen, welche sehr gut definirbar sind.

In dem oben citirten Academiebericht ist ein Recept für eine Platinchloridlösung angegeben, mit welchem gute Resultate erzielt wurden. Bei weiteren Versuchen mit demselben Recept stellte sich heraus, dass chemisch reines Platinchlorid nicht anwendbar war; es bildete sich zwar Platinmoor, jedoch wurde das Moor vom aufsteigenden Wasserstoff in der Lösung herumgewirbelt und haftete nicht an der Electrode fest. Absichtliche Verunreinigungen führten zunächst nicht zur Auffindung der nothwendigen Verunreinigung. Dagegen wurde durch eine anderweitige Ueberlegung eine Methode gefunden, welche unter allen Umständen eine stets gleichmässige und gut definirbare Platinmoorschicht giebt.

Bekanntlich entsteht bei Berührung einer Platinchloridlösung mit einigen Metallen, z. B. Kupfer oder Blei eine Moorlegirung, welche aus dem Moor des Platins und des anderen Metalls besteht, und welche sich stets leicht und unmittelbar bei der Berührung der Flüssigkeit mit dem anderen Metall bildet. Dagegen ist die Bildung des Platinmoores aus Platinchlorid durch Electrolyse eine sehr zweifelhafte und unsichere und von Umständen abhängig, die nicht vollkommen aufgeklärt sind. Es lag daher nahe, den Process der Moorbildung dadurch einzuleiten, dass die Bolometerstreifen zunächst mit einer sehr dünnen Kupferschicht electrolytisch überzogen wurden, und auf dieser Schicht erst das Moor niederzuschlagen. Die so erzeugte Moorschicht war aber ungleichmässig und schmutzig grün.

Ein vorzügliches Resultat erhält man dagegen, wenn man die Neigung des Kupfers für Moorbildung in anderer Weise benutzt, indem man das Kupfer in statu nascendi wirken lässt.

Fügt man nämlich zu einer Platinchloridlösung eine sehr geringe Menge Kupfervitriol, z. B. ein Procent des Platinchlorids, hinzu, so bildet sich bei der Electrolyse stets eine sehr gute Platinmoorschicht. Noch besser und schneller gelingt dies durch einen geringen Zusatz von Bleiacetat.

Die verschiedensten Lösungen, welche zur Electrolyse benutzt waren und sonst kein Platinmoor bildeten, gaben schon innerhalb fünf Secunden ein vorzügliches Moor, wenn zu dem Platinsalz ein Procent des Bleisalzes hinzugefügt war.

Vor allen Dingen aber ist dieser absorbirende Ueberzug durch die Daten der Electrolyse definitionsfähig, und er besitzt bestimmte optische und thermische Eigenschaften. Es wurden nun die besten Bedingungen für die Electrolyse in Bezug auf Volt, Ampère, Concentration der Lösung, Dicke der Moorschicht, u. s. w., gesucht, und die Genauigkeitsgrenzen bestimmt, welche bei der Herstellung innegehalten werden müssen Hierbei stellte sich heraus, dass die selectiven Eigenschaften des Moores zwar mit diesen Bestimmungsstücken variiren, dass aber bei der Herstellung die Grenzen relativ leicht so innegehalten werden können, dass immer wieder eine Moorschicht mit stets gleichen Eigenschaften entsteht.

Die absorbirende Schicht auf den benutzten Bolometern welche eine Gesammtoberfläche von acht Quadratcentimetern besitzen, wurde durch folgende Bestimmungsstücke definirt.

Die electrolytische Lösung besteht aus 1 Theil Platinchlorid auf 30 Theile Wasser, hierzu wird soviel Bleiacetat hinzugesetzt, dass auf 4000 Theile Wasser 1 Theil Bleiacetat kommt. Die Temperatur der Lösung beträgt 20 Grad. Als Electrodenspannung werden 4 Volt, als Stromstärke 0,25 Ampère benutzt. Die Dauer der Electrolyse beträgt 2 Minuten. Die Bolometerstreifen stehen zwischen zwei positiven Electroden so dass sie von beiden Seiten zugleich berusst werden. Die Oberfläche der Bolometer ist jederseits 4 qcm gross.

Es wurden mehrere Bolometer nach demselben Recept mit Platinschwarz überzogen und die grösste Abweichung, welche bei Reproduction der Lichteinheit vorkam, betrug 0,6 Proc. Die Dicke des auf dem Bolometerstreifen während zweier Minuten niedergeschlagenen Platins würde 1 μ sein, wenn es sich als festes Platin niedergeschlagen hätte, die

wirkliche Dicke des lockeren Platinschwarz ist nicht gemessen. Diese Bolometer waren, wie gesagt, nur 2 Min. lang electrolytisch überzogen, setzte man nun ein solches Bolometer nachträglich der electrolytischen Wirkung noch eine Minute aus, so wurden die Ausschläge etwa um 6 Proc. kleiner, die Empfindlichkeit sank also, weil die zu erwärmende Masse des Bolometers vergrössert war. Das Verhältniss der Ausschläge für Gesammt- und Theilstrahlung änderte sich aber auch ein wenig in dem Sinne, dass der Ausschlag für die Gesammtstrahlung relativ etwas grösser blieb. Der Grund dafür liegt wohl darin, dass auch das Platinschwarz für die Wärmestrahlung etwas durchlässig ist, und dass daher eine dickere Schicht mehr absorbirt als eine dünnere Schicht, in Folge dessen ruft die Gesammtstrahlung, welche alle dunkeln Wärmestrahlen mit enthält, einen relativ grösseren Ausschlag hervor als die Theilstrahlung, bei welcher der grösste Theil der dunkeln Wärmestrahlen ausgeschlossen ist. Die Aenderung der Lichteinheit bei Aenderung der Dicke der Platinschwarzschicht um 50 Proc. betrug nur 2 Proc., so dass von dieser Seite kein Fehler zu befürchten ist. Derselbe Vorgang trat bei den anderen Bolometern in vollkommen gleicher Weise wieder ein und konnte durch weitere Verdickung des Platinschwarz mehrmals wiederholt werden.

Zwei vollkommen gleiche Bolometer konnten dadurch ungleich gemacht werden, dass die Dicke der absorbirenden Schicht um 50 Proc. geändert wurde. Darauf konnten beide wiederum vollkommen gleich gemacht werden, indem man auch die Dicke der Schicht auf dem anderen Bolometer um 50 Proc änderte.

In gleicher Weise wurden die anderen Bestimmungsstücke des electrolytischen Vorganges untersucht und die Abhängigkeit der Lichteinheit von denselben bestimmt. Diese Untersuchungen sind nicht angestellt, um das Gesetz der Abhängigkeit zu finden, sie sollen nur zeigen, dass die Bestimmungsstücke mit Leichtigkeit so genau innegehalten werden können, wie es die Reproduction der Lichteinheit verlangt.

**

Tabelle.

Aenderung	Aenderung der Lichteinheit um
der Electrodenspannung um 15 %	4 %
„ „ „ 4 %	0,1 %
der Stromintensität um 11 %	1,7 %
der Concentration der Platinchloridlösung um 33 %	1,5 %
der Temperatur der Lösung um 10 Grad	1,3 %
der Zeit der Electrolyse um 50 %	1,8 %.

Wie man sieht, ist die Lichteinheit zwar von den Bestimmungsstücken abhängig, doch in sehr geringem Grade. Auffallend ist die grosse Aenderung der Lichteinheit bei Verkleinerung der Electrodenspannung von 4 Volt auf 3,4 Volt. Dies liegt daran, dass man sich in der Nähe der Spannung befindet, bei welcher die äusserlich sichtbare Wasserstoffentwickelung aufhört, und die Moorbildung des Platins ist an die Wasserstoffentwickelung gebunden. Bei einer kleinen Aenderung der Spannung ist ein Einfluss nicht mehr nachweisbar.

Nach diesen Voruntersuchungen und mit Hülfe der einmal vorhandenen Apparate ist die Reproduction einer solchen Lichteinheit ziemlich einfach, und da die bisher aufgedeckten Fehlerquellen unterhalb eines Procentes bleiben, so erscheint eine Genauigkeit von einem Procent als gesichert. Von jetzt ab wird eine derartige Lichteinheit den photometrischen wissenschaftlichen Messungen der physikalisch-technischen Reichsanstalt als Normale zu Grunde gelegt werden.

Es sei noch hervorgehoben, dass eine solche Lichteinheit den verschieden gefärbten Lichtquellen sehr einfach durch Vorschrift eines anderen Strahlungsverhältnisses angepasst werden kann. Weitere Versuche zielen dahin, die Fehlerquellen noch weiter aufzuklären und ihren Einfluss zu verringern, sowie die Reproduction der Lichteinheit möglichst einfach zu gestalten.

Nachtrag.

(October 1895.)

Seit der Zeit des Vortrages ist an der Herstellung dieser Lichteinheit weiter gearbeitet worden. Auch schien es, als liesse sich durch eine Aenderung in der Definition Einfacheres und Besseres erreichen. Die beiden verglichenen Strahlungs-

mengen sind die Gesammtstrahlung des glühenden Platinblechs und die durch das Absorptionsgefäss hindurchgelassene Theilstrahlung. Es können natürlich ebenso gut zwei andere Strahlungsmengen des glühenden Blechs, z. B. nach spectraler Zerlegung die rothen und grünen Strahlen oder irgend zwei verschiedene Wellenlängen verglichen werden. Durch das Verhältniss der Intensität beider Wellenlängen würde die Temperatur wiederum definirt sein.

In diesem Frühjahr wurde nun gemeinsam mit den Herren LUMMER und RUBENS eine Arbeit über die Intensitätsvertheilung im Spectrum begonnen. Nach diesen Versuchen ist auf dem gedachten Wege eine Vereinfachung kaum zu erreichen, da es sehr schwierig ist, ein vollkommen reines Spectrum herzustellen, ohne neue, schwer definirbare Absorptionsmittel einzuführen. Die geringste Verunreinigung des sichtbaren Spectrums durch dunkle Wärmestrahlen ist aber die Quelle grosser Fehler, da die bolometrische Intensität der dunklen Strahlen unvergleichlich viel grösser ist als diejenige der sichtbaren Strahlen.

Es war an früherer Stelle[1]) gesagt: „Eine weitere Verwendung des Bolometers sollte dann darin bestehen, die Strahlung einer Lichtquelle auf diejenige einer konstanten (strahlenden) Wärmequelle zurückzuführen, um auf diesem Wege zu einer »Strahlungseinheit« zu gelangen."

Damals scheiterten die Versuche daran, dass es keine konstante strahlende Wärmequelle gab, welche definitionsfähig wäre. Es wurde zunächst mit einem Leslie-Würfel gearbeitet, dessen eine Seite berusst war. Die Temperatur ist zwar leicht als Siedetemperatur des Wassers festzuhalten, jedoch ist die strahlende Fläche schwer in Bezug auf ihr Ausstrahlungsvermögen definirbar.

Inzwischen ist von den Herren O. LUMMER und W. WIEN ein Princip ausgesprochen, welches im Novemberheft von Wied. Ann. [2]) veröffentlicht wird und nach dem sich eine konstante

---

1) O. LUMMER u. F. KURLBAUM, Bolometrische Untersuchungen, Wied. Ann. **46** p. 205—224. 1892.

2) W. WIEN und O. LUMMER, Methode zur Prüfung des Strahlungsgesetzes absolut schwarzer Körper. Wied. Ann. **56**. p. 451—456. 1895.

Strahlungsquelle herstellen lässt. Das Princip ist folgendes: Ein strahlender Körper, der sich in einer Hülle von derselben Temperatur befindet, sendet unabhängig von seiner Oberfläche soviel Strahlung aus, als ob er ein absolut schwarzer Körper wäre, d. h. als ob sein Absorptionsvermögen gleich 1 wäre. Der strahlende Körper sendet angenähert ebenso viel aus, wenn man in die äussere Hülle ein kleines Loch bohrt und dadurch den strahlenden Körper der Beobachtung zugänglich macht. Die Prüfung dieses Princips für Lichtstrahlen erfordert grössere experimentelle Vorbereitungen, mit denen die Herren LUMMER und WIEN beschäftigt sind. Dagegen ist das Princip für die Wärmestrahlen leicht experimentell zu prüfen, da es sich hier um niedrigere Temperaturen handelt, die leicht erreicht und konstant gehalten werden können. Der Vortragende hat einen derartig strahlenden Körper von der Temperatur 100 Grad hergestellt und die Strahlung bolometrisch gemessen. Dabei ergab sich, dass der gewählte Körper, welcher das Emissionsvermögen 0,1, bezogen auf den absolut schwarzen Körper als 1, besass, eine fünfmal so grosse Strahlungsmenge aussandte, als er frei strahlend ausgesandt hätte. Unter denselben Verhältnissen erhöhte sich das Emissionsvermögen eines stumpf-schwarzen Körpers, welches ungefähr 0,95 betrug, so zu sagen auf 0,995.

Wählt man die Dimensionen des Apparates noch günstiger, so kann man dem absolut schwarzen Körper so nahe kommen, als es die Genauigkeit bolometrischer Messungen erfordert. Mit Hülfe des erwähnten Principes ist es also leicht, eine konstante definirbare Strahlungsquelle herzustellen, und es wird versucht werden, auf diese Weise die Platinlichteinheit einfacher zu gestalten.

Sitzung vom 28. Juni 1895.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **H. du Bois** machte eine Mittheilung

Ueber magnetische Tragkraft (nach Versuchen des Hrn. **E. Taylor Jones.**)

Kürzlich sind von Hrn. E. T. Jones Versuche veröffentlicht worden[1]), welche eine Bestätigung des bekannten Maxwell'schen Ausdrucks für den electromagnetischen Zwangszustand liefern. Es wurde die Tragkraft eines äquatorial durchschnittenen Eisen-Ovoids bestimmt, welches durch Spulen magnetisirt wurde. Die Quadratwurzel aus der beobachteten Tragkraft wurde bis auf Abweichungen unter 1 Proc. proportional dem Werthe der Induction gefunden, wobei das Bereich der letzteren sich bis zu 20000 C. G. S. hinauf erstreckte.

Um die Richtigkeit des erwähnten Fundamentalgesetzes auch für höhere Inductionswerthe zu prüfen, wurde zu einer Modification der sog. „Isthmus-Methode" von Ewing und Low gegriffen. Der Isthmus wurde wieder äquatorial durchschnitten und die zum Abreissen der einen Hälfte (welche dazu durch eine Bohrung des konischen Polschuhs verschiebbar war) erforderliche Kraft ermittelt. — Die Bestimmung der Induction und der Intensität geschah wie üblich mittelst zweier Probespulen von etwas verschiedenem Durchmesser in Verbindung mit einem d'Arsonval'schen ballistischen Galvanometer nach Ayrton und Mather. Die Vorversuche ergaben auch hier eine Bestätigung der oben erwähnten Proportionalität, sofern man die Verschiedenartigkeit der Anordnung richtig in Rechnung zog. Es wurde dementsprechend eine Tragkraft von über 50 kg Gewicht pro Quadratcentimeter constatirt, d. h. etwa das drei-

1) E. T. Jones, Phil. Mag. März 1895; Wied. Ann. **54.** p. 641. 1895.

fache der bisherigen Angaben. Die noch vorhandenen Abweichungen sind der Natur der Sache nach grösser als bei den genauer ausführbaren Versuchen im Spulenfelde. Immerhin dürften durch nähere Untersuchung und Berücksichtigung mehrerer, auch theoretisch interessanter, Correctionsglieder jene Abweichungen bedeutend herabgemindert werden.

Jahrg. 14. Nr. 4.

Verhandlungen der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

Sitzung vom 1. November 1895.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. B. Schwalbe gedenkt des am 17. October d. J. auf einer wissenschaftlichen Forschungsreise in Deutsch-Ostafrika verstorbenen langjährigen Mitgliedes der Gesellschaft

Dr. F. M. Stapff,

Docenten an der Technischen Hochschule in Charlottenburg.

Die Gesellschaft wird dem Verstorbenen, der stets ein reges Interesse an ihren Verhandlungen bewiesen hat, ein liebevolles Andenken bewahren!

Hr. **Cl. du Bois-Reymond** (a. G.) machte

eine Demonstration der neuen farbigen Photographien von Dr. Joly in Dublin.

Die Trockenplatte, mit der man jetzt allgemein photographirt, kann man treffend mit dem total-farbenblinden Auge vergleichen. Sie unterscheidet die Farben nicht und gibt immer nur ein schwarzweisses oder doch ein monochromatisches Bild. Bekanntlich hat man aber schon allerlei Hülfsmittel gefunden, um ihr den fehlenden Farbensinn doch zu verleihen. Zum Theil ist man dabei den Wegen der Natur nachgegangen, man hat die Physiologie des Auges benutzt, und diese Versuche sind wohl bis jetzt auch die aussichtsvollsten gewesen. Man stellte gleichsam 3 monochromatische Augen auf. Man setzte drei Farbenfilter in den Grundfarben der Young-Helmholtz-schen Theorie vor drei einzelne Platten. Die Filter wählen

aus den Mischfarben der Natur den jedesmaligen Wellengehalt aus, der ihrem eignen Ton am nächsten entspricht. Nachher müssen dann die drei Bilder positiv in den richtigen Farben angefertigt und alle drei zusammen durch irgendwelche optische Kunstgriffe in der Netzhaut des Auges vereinigt werden. Die Versuche, die ich Ihnen heute vorführen will, bewegen sich auch in dieser Richtung, aber sie gehen in der Nachahmung des menschlichen Auges noch weiter. Es wird nur eine Platte gebraucht, die nach einzelnen möglichst kleinen Flächenelementen für die drei Grundfarben empfindlich gemacht ist. Die Farben mischen sich dann einfach in der Netzhaut, indem das Bild aus einer Entfernung gesehen wird, wo die Elemente nicht mehr unterschieden werden. Abweichend von dem Vorbilde der Netzhaut ist nur die Gestalt der Elemente. Aus äusserlichen technischen Gründen haben sie hier die Form von feinen Strichen oder Streifen erhalten, die gradlinig über die ganze Platte gezogen sind.

Zunächst möchte ich Ihnen das Verfahren selbst kurz beschreiben. Es wird zuerst ein sogenannter „Farbenschirm“ auf der Theilmaschine angefertigt. Auf einer gelatinirten Glasscheibe trägt man mit Ziehfedern rothe, grüne und blaue Linien auf. Die Linien sind $^1/_8$ mm breit, ohne Zwischenraum folgen sie sich immer in derselben Reihenfolge: roth, grün, blau, über die ganze Platte. Die Farben müssen nach Ton und Helligkeit so abgestimmt sein, dass der fertige Schirm aus weiter Entfernung gesehen, weiss erscheint.

Dieser Farbenschirm wird nun vor der gewöhnlichen orthochromatischen Trockenplatte in die Cassette eingelegt, sodass die liniirte Seite die Schicht berührt, und nun kann exponirt werden. Die Dauer muss natürlich, weil auch im Roth genügende Wirkung erreicht werden muss, und der Farbenschirm überhaupt viel Licht abhält, beträchtlich, aber nicht übermässig lang bemessen werden. Das Negativ wird entwickelt und wieder auf Glas copirt. Die Copie ist ein gewöhnliches schwarzes Positivbild, ein „Diapositiv“, wie es uns allen bekannt ist. Aber wenn man genauer zusieht, erkennt man darin ein feines Gitter, eine Strichlage, ähnlich einem Stich in Linienmanier. Man kann diese Strichelung im Positiv auffassen als ein Abbild der Schatten der Farbenstreifen. Denn

was im Negativ dunkel wurde, ist hier hell, eine grüne Fläche z. B. wird also die grünen Streifen hell, die beiden andern schattig oder gedeckt wiedergeben. Die schwarzen, grauen und hellen Streifen im Positiv enthalten aber überall gerade denjenigen Schatten- oder Minuswerth, der von den drei Grundfarben des Farbenschirms subtrahirt werden musste, um in der Mischung die Farbe wiederzugeben, die dort gewirkt hatte. Aus Roth, Grün und Blau von passender Abstufung der Lichtstärke kann man jeden Farbenton mischen, den das Auge kennt. Die passende Abstufung gibt aber die schwarze Positivplatte automatisch. Der Farbenschirm analysirt gleichsam das gemischte Licht in seine drei Bestandtheile, die Positivplatte liefert zu jeder Theilfarbe die richtige Menge schwarz, und die beschauende Netzhaut vollzieht die Synthese. So entsteht für den Sehenden eine sehr vollkommene Nachahmung des wirklichen Eindrucks. Man braucht nur den Farbenschirm auf das Positiv zu legen, die Streifen richtig übereinander zu schieben und ihn dort zu befestigen, dann erscheint in der Durchsicht das Farbenbild.[1])

Ich will Ihnen nun fünf solche Aufnahmen zeigen. Es sind einige der ersten Versuchsplatten des Hrn. Dr. J. Joly in Dublin, der das Verfahren erfunden hat. Durch freundliche Vermittelung unseres berühmten Reisenden, des Hrn. Dr. Jagor, erhielt ich die Adresse des Erfinders und Hr. Dr. Joly war sofort bereit, mir einige Proben seiner Erfindung herzusenden. Leider sind es, wie er selbst schreibt, gerade die schlechtesten.

---

1) Zur Ergänzung sei aus einem Briefe Hrn. Dr. Joly's noch Folgendes nachgetragen: Practisch stellt sich die Sache so, dass man mit Vortheil zwei etwas verschieden gefärbte Farbenschirme anwendet, einen für die Aufnahme des Negativs und den andern zum Beschauen des Positivs. Die Theorie des Verfahrens soll von Maxwell herstammen, der 1861 schon versucht hat, eine Photographie darnach herzustellen. Weil aber zu jener Zeit die farbenempfindliche Platte noch unbekannt war, ergab der Versuch kein befriedigendes Resultat. Die vorgeführten Bilder sind noch nach den Grundempfindungscurven Maxwell's gefärbt. Seitdem der Erfinder die König'schen Curven benutzt, hat er noch bessere Erfolge, namentlich erhält er das Blaugrün richtiger. Ob es gelingen wird, den übrigens kaum merklichen Fehler im Blaugrün ganz zu heben, ist noch ungewiss. Weitere Einzelheiten sollen demnächst in der englischen Zeitschrift „Nature“ bekannt gegeben werden.

**

Es sind die letzten, die er zu Haus behalten hatte und eigentlich, als zu wenig gelungen, überhaupt nicht mehr auszustellen gedachte.

Die Hauptsache, auf die es uns hier ankommt, kann man aber doch auch an diesen Bildern ganz gut erkennen, nämlich, dass es möglich sein wird, auf diesem Wege alle Mischfarben zu erhalten. Aber für zwei technische Mängel muss ich Ihre Nachsicht erbitten. Erstens sind die Streifen der Farbenschirme vorläufig noch zu breit, und zweitens sind sie nicht überall ganz regelmässig gelungen. Hr. Joly hat sich bei der mühsamen Herstellung mit einer sehr mangelhaften Theilmaschine beholfen. Sie werden deshalb in allen Bildern eine störende Liniirung deutlich erkennen und daneben noch viele Flecke und periodisch wiederholte Streifen fehlerhafter Farbe bemerken. Abgesehen von diesen Mängeln werden Sie mir aber hoffentlich zugeben, dass viele Einzelheiten in jedem Bilde mit wunderbarer Naturtreue die richtige Farbe wiedergeben.

Die Bilder sind also nicht gerade schön. Aber sie genügen, um zu zeigen, dass von der Erfindung noch weit Besseres erwartet werden darf. Hr. Joly hat auch schon selbst feinere Schirme hergestellt. Er fand dies aber zu mühsam und wartet jetzt auf die Vollendung einer Maschine, die doppelt so fein liniirte Platten im Grossbetrieb liefern soll. Wenn die fabrikmässige Anfertigung gelingt, wird das Verfahren vor allen anderen den grossen Vortheil haben, dass es jeder mit dem gewöhnlichen Apparat und ohne alle besonderen Vorkenntnisse und Hülfsmittel sofort handhaben kann.

Hr. **H. Rubens** sprach dann über die

Brechungsexponenten von Wasser und Alkohol für kurze electrische Wellen,

nach Versuchen von Hrn. **A. D. Cole.**

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit electrischer Wellen in Wasser und Alkohol ist in den letzten Jahren von verschiedenen Beobachtern gemessen worden und es hat sich dabei ergeben, dass dieselbe für Wellen, welche den Schwingungszahlen zwischen 30 und 500 Millionen entsprechen, inner-

halb der Grenze der Versuchsfehler constant ist und einen Brechungsexponenten ergibt, dessen Quadrat mit den electrostatisch gemessenen Dielectricitätsconstanten gut übereinstimmt. Andrerseits weicht dieser „electrische“ Brechungsexponent von dem „optischen“ ausserordentlich stark ab und es ist daher von Interesse, diese Beobachtung mit kürzeren electrischen Wellen, welche dem sichtbaren Spectrum beträchtlich näher liegen, fortzusetzen, um eventuell einen Anhaltspunkt dafür zu gewinnen, in welchem Spectralbereich man die starke Aenderung des Brechungsindex mit der Wellenlänge zu suchen hat.

Da in Folge der starken Absorption, welche electrische Schwingungen in Wasser und Alkohol erfahren, die Methode der prismatischen Ablenkung versagte wurde versucht, die mittels eines Righi'schen Primärleiters erzeugten electrischen Wellen von ca. 5 cm Länge an Wasser- bez. Alkoholoberflächen unter bekannten Einfallswinkeln reflectiren zu lassen und das Reflexionsvermögen zu messen. Durch Anwendung der Fresnel'schen Intensitätsformeln lässt sich bekanntlich hieraus der Brechungsindex der Flüssigkeiten berechnen. Zur Messung der Intensität der electrischen Strahlen diente ein secundärer Leiter in Verbindung mit einem Thermoelement von der Art, wie er von Hrn. Klemenčič[1]) beschrieben worden ist. Es ergab sich, dass eine Wasseroberfläche bei 45° Incidenz 71,8 Proc. der auffallenden Strahlung reflectirt, wenn die electrischen Schwingungen senkrecht, dagegen 52,7 Proc., wenn diese parallel zur Einfallsebene erfolgen. Die entsprechenden Zahlen für Alkohol sind 40,5 bez. 16,7 Proc. Man erhält hieraus nach den Fresnel'schen Formeln für Wasser die Brechungsexponenten 8,6 bez. 8,9, für Alkohol 3,2 bez. 3,1.

Für Wasser stimmen die Werthe des so erhaltenen Brechungsexponenten mit den Zahlen gut überein, welche für erheblich längere Wellen nach anderen Methoden beobachtet wurden. Es findet also hier auch für das Spectralgebiet, welches den Wellenlängen 60 bis 5 cm entspricht, keine merkliche Dispersion statt.

Dagegen sind die Brechungsexponenten, welche sich aus den Reflexionsversuchen am Alkohol berechnen, wesentlich

1) Klemenčič, Wied. Ann. **45.** p. 62. 1892.

kleiner als die Resultate aller bisherigen Versuche, welche sich auf grössere Wellenlängen beziehen. Man wird daher annehmen müssen, dass Alkohol in diesem Spectralgebiet noch erhebliche Dispersion besitzt.

Die ausführliche Beschreibung der Versuche wird von Hrn. COLE in WIEDEMANN's Annalen veröffentlicht werden.

Sitzung vom 15. November 1895.

Vorsitzender Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **E. Warburg** berichtete über eine Untersuchung des Hrn. W. J. WAGGENER:

Ueber die Messung von Flammentemperaturen durch Thermoelemente, insbesondere über die Temperaturen im BUNSEN'schen Blaubrenner.

§ 1. Flammentemperaturen hat man durch Thermoelemente zu messen versucht, deren eine Löthstelle man an die Stelle brachte, deren Temperatur zu messen war. Nach dieser Methode fanden als höchste Temperatur in der Flamme des BUNSEN'schen Blaubrenners

ROSSETTI 1877 mit einem 0,3 mm dicken Thermoelement aus Platin-Eisen 1360°.

ROGERS 1892 mit einem Thermoelement aus Platin und Platin-Iridium 1230°.

MAC CRAE 1895 mit einem 0,2 mm dicken Thermoelement nach LE CHATELIER aus Platin-Platinrhodium 1725°.

Dass die beiden erstgenannten Angaben zu niedrig sind wird schon durch die Bemerkung von BUNSEN, dass ein dünner Platindraht im heissesten Theil des BUNSEN'schen Blaubrenners bis zu strahlender Weissgluth erhitzt wird, sehr wahrscheinlich gemacht.

Die geringe Uebereinstimmung der angeführten Ergebnisse liess eine nähere Untersuchung der Methode wünschenswerth erscheinen, eine Arbeit, welche Hr. WAGGENER im vergangenen Sommer im hiesigen Institut unternommen hat.

§ 2. Hr. WAGGENER benutzte Thermoelemente nach LE CHATELIER, welche aus Platin und einer Platinrhodiumlegirung (90 Proc. Platin 10 Proc. Rhodium) bestehen. Die

Elemente wurden geaicht, indem sie mit einem solchen Element verglichen wurden, für welches die Hrn. HOLBORN und WIEN in der physikalischen Reichsanstalt den Zusammenhang zwischen der durch ein Luftthermometer gemessenen Temperatur der heissen Löthstelle und der E. K. bestimmt hatten, wenn die andere Löthstelle auf der Temperatur des schmelzenden Eises gehalten wurde. Die Bestimmungen von HOLBORN und WIEN gehen bis 1500°. Da auch höhere Temperaturen zu messen waren, so musste für diese eine Extrapolation vorgenommen werden. Die Temperaturangaben über 1500° sind also zweifelhaft. Indem die Löthstelle des zu vergleichenden Elements in einer Platinkapsel im Knallgasgebläse erhitzt wurde, erreichte man Temperaturen bis zu 1700°.

§ 3. Die Messungen beziehen sich auf die 12—13 cm hohe, gegen Luftströmungen geschützte Flamme des BUNSENschen Blaubrenners, in welcher wir nach BUNSEN den dunkeln Kegel und den Flammenmantel, weiter den äusseren (violetten) und inneren (blauen) Mantelsaum unterscheiden.

§ 4. Die Löthstelle eines Thermoelements wird wegen Strahlung und Leitung nicht die Temperatur des sie umspülenden Theils der Flamme annehmen und zwar unter Umständen eine tiefere, unter Umständen ein höhere. Die Temperaturdifferenz zwischen Flamme und Löthstelle wird aber um so kleiner werden, je dünnere Drähte benutzt werden; auch deshalb sollten möglichst dünne Drähte gewählt werden, weil alsdann die grösste Annäherung an die Bedingung stattfindet, dass im Bereich der Löthstelle die Flammentemperatur sich nicht merklich ändert. Aber auch bei Anwendung unendlich dünner Drähte kann man aus der beobachteten E. K. auf Grund vorhergegangener Aichung einen Schluss auf die Flammentemperatur nur unter der Voraussetzung ziehen, dass die thermoelectrischen Eigenschaften des Elements in der Flamme nicht verändert werden.

§ 5. Demgemäss wurde, nachdem durch mancherlei Controllversuche festgestellt war, dass weder die Flammenleitung, noch die zwischen Metallen und der Flamme auftretenden E. K. die Angaben des Thermoelements merklich beeinflussen, zunächst die Wirkung längerer Erhitzung in der Flamme auf die thermoelectrischen Eigenschaften der Elemente untersucht.

Die Löthstelle eines Elementes, dessen Drähte, so weit sie in der Flamme lagen, eine horizontale gerade Linie bildeten, und welches, wie dies immer bei den Versuchen der Fall war, symmetrisch mit Bezug auf die durch Flammenaxe und Löthstelle gelegte Verticalebene in die Flamme hineingebracht war, wurde längere Zeit in der Flamme belassen und die E. K. an einem eingeschalteten Voltmeter gemessen. Die E. K. stieg mit der Zeit bedeutend an. Darauf wurde die Einwirkung der Flamme auf die beiden das Thermoelement bildenden Drähte getrennt untersucht. Das Thermoelement des vorigen Versuchs wurde zunächst durch einen 0,1 mm dicken Platinrhodiumdraht ersetzt, welcher stundenlang in der Flamme belassen wurde. Von Zeit zu Zeit entfernte man ihn aus der Flamme und erhitzte ihn an verschiedenen Stellen mit einer kleinen Stichflamme. Das Voltmeter zeigte, dass thermoelectrische Erregung stattfand, dass also der ursprünglich homogene Draht thermoelectrisch unhomogen geworden war, und dass der Strom immer von der im Bunsenbrenner stärker zu der weniger stark erhitzten Stelle durch die Stichflamme ging. Ein Patindraht von derselben Stärke zeigte, ebenso behandelt, E. K. von demselben Sinne, aber von viel geringerem Betrage. Danach beruht die Veränderung, welche die E. K. des Thermoelements durch längeres Verweilen in der Flamme erfährt, hauptsächlich auf einer Veränderung des Platinrhodiumdrahtes und zwar zum Theil jedenfalls darauf, dass der Draht an verschiedenen Stellen in verschiedener Weise verändert wird.

Ein Platin-Platinrhodiumelement von 0,05 mm Dicke zeigte gleich nachdem es in der beschriebenen Weise in die Flamme gebracht war, eine um 4240 Mikrovolt kleinere E. K., als nach längerem Verweilen in der Flamme, was einem scheinbaren Temperaturunterschied von ungefähr 400^0 entspricht. Gleichwohl konnte die hieraus hervorgehende Fehlerquelle dadurch vermieden werden, dass das Element nur während der zur Messung nöthigen Zeit in der Flamme belassen wurde; in der That ergab dann die Aichung vor und nach dem Versuch dasselbe Resultat.

§ 6. Um den Einfluss der Drahtdicke auf die Angaben der Thermoelemente zu studiren, machte Hr. Waggener Versuche mit Thermoelementen, deren Drahtdicke 0,5, 0,2, 0,1,

0,05 mm betrug. Diese Elemente sollen bezüglich durch I, II, III, IV bezeichnet werden.

1) Es wurden die Temperaturen gemessen, welche die Löthstellen von Elementen I, II, III an einer bestimmten Stelle der Flamme annahmen, wobei für jede Drahtdicke Elemente von drei verschiedenen Formen zur Anwendung gelangten. Die in der Flamme liegenden Drahttheile bildeten bei der ersten Form eine horizontale gerade Linie, bei den anderen Formen nach einem Vorschlage des Hrn. Rubens zum Theil eine kreisförmige Linie der Art, dass alle Punkte des Kreises homologe Flammenpunkte trafen. In jedem Fall wurden die Elemente symmetrisch mit Bezug auf die durch Löthstelle und Flammenaxe gelegte Verticalebene in die Flamme gebracht. Es ergab sich, dass bei den Elementen III die Löthstelle aller drei Formen die gleiche Temperatur zeigte; bei den Elementen II und noch mehr bei den Elementen I zeigte die gradlinige Form eine tiefere Temperatur der Löthstelle, als die Kreisformen, bei welchen augenscheinlich die Wirkung der Wärmeleitung sehr herabgemindert war. Weiter waren die Temperaturen der Löthstelle bei den kreisförmigen Elementen II und den Elementen III nahezu die gleichen.

2) Die Löthstellen gradliniger Elemente I, II, III wurden in 27 mm Höhe über der Flammenbasis quer durch die Flamme geführt, und es wurde jedesmal die Temperatur der Löthstelle in verschiedenen Abständen von der Flammenaxe gemessen, wobei die Messungen noch 2 mm über die sichtbare Grenze der Flamme hinaus fortgeführt wurden. In dem dunkeln Kegel zeigte die Löthstelle von III die tiefste, die von I die höchste Temperatur, umgekehrt verhielt es sich im heissen äusseren Mantelsaum. Indem die Versuchsergebnisse in Curven dargestellt wurden, deren Abscissen den Abständen von der Flammenaxe, deren Ordinaten den Temperaturen der Löthstelle proportional waren, zeigte sich deutlich, wie durch die mit zunehmender Drahtdicke wachsende Wirkung der Wärmeleitung die Curven abgeflacht wurden.

3) Es wurde mit gradlinigen Elementen I—IV in verschiedener Höhe über der Flammenbasis die Temperatur der Löthstelle gemessen, a) im äusseren Mantelsaum b) in der Mitte des Flammenmantels c) im inneren Mantelsaum. In den

Fällen a) und b) zeigte die Löthstelle von IV die höchste Temperatur, im Falle c) zeigte die Löthstelle des Elementes IV eine tiefere Temperatur, als die Löthstelle des Elementes III.

Die Temperatur der Löthstelle des dünnsten Elementes IV (0,05 mm dick) kommt jedenfalls der Flammentemperatur am nächsten. Würde man jene Temperatur gleich der Flammentemperatur setzen, dann würde aus den Versuchen hervorgehen, dass Theile der Flamme, welche für die rohe Beobachtung von gleicher Farbe sind, doch etwas verschiedene Temperaturen besitzen; dass die heisseste Stelle der Flamme im äusseren Mantelsaum, ungefähr 2 cm über der Basis liegt, und 1704° beträgt[1]); dass die Mitte des Flammenmantels in 1 cm Höhe über der Basis die höchste Temperatur (1591°) besitzt; dass der innere Mantelsaum, — von der Spitze, an welcher die Messungen unsicher wurden, abgesehen — ungefähr 1 cm über der Basis am heissesten ist (1408°).

§ 7. Es fragt sich nun, um welchen Betrag etwa in Folge der Wärmeleitung und Strahlung die Temperatur der Löthstelle des Elementes IV noch von der Flammentemperatur verschieden ist. Zur Beantwortung dieser Frage kann Folgendes beitragen.

1) Trägt man die Temperaturen, welche die Löthstellen der Elemente I—IV im heissesten Theil der Flamme zeigen, als Ordinaten zu den Drahtdicken als Abscissen auf, so liegen die Endpunkte der Ordinaten auf einer glatten, gegen die Abscissenaxe schwach convexen Curve, welche, bis zum Durchschnitt mit der Ordinatenaxe nach Augenmaass verlängert, diese etwa bei dem Temperaturpunkt 1750°—1760° schneidet. Diese Temperatur scheint also derjenigen nahe zu kommen, welche die Löthstelle eines unendlich dünnen Thermoelementes annehmen würde.

2) Es ist öfter beobachtet worden, dass sehr dünne Platindrähte in der Flamme des Bunsen'schen Brenners zum Schmelzen gebracht werden können. Hr. Waggener hat dasselbe an Platin-

---

1) An dieser Stelle nahm die Löthstelle des Elementes II von der Dicke 0,2 mm, wie sie von Hrn. Mac Crae angewandt wurde, die Temperatur 1560° an.

drähten von 0,05 mm Durchmesser beobachtet; an der Spitze eines solchen Drahtes schmolz einige Secunden, nachdem er in die Flamme gebracht war, ein birnförmiger Tropfen an, welcher, durch ein Mikroskop beobachtet, nachdem er eine gewisse Grösse erreicht hatte, wieder erstarrte.[1] Man könnte zu der Annahme geneigt sein, dass das Schmelzen des Platins erst eintritt, nachdem es in der Flamme eine chemische Veränderung erlitten hat. Berücksichtigt man aber die unter § 7, 1 mitgetheilten thermoelectrischen Messungen, nach welchen die Temperatur der Flamme an ihrer heissesten Stelle dem Schmelzpunkt des reinen Platins (1775°) jedenfalls sehr nahe kommt; ferner, dass das Schmelzen sehr schnell nach dem Einbringen in die Flamme eintritt, so scheint aus dem Schmelzversuch hervorzugehen, dass die Temperatur der Flamme an ihrer heissesten Stelle in der That den Schmelzpunkt des reinen Platins erreicht bez. überschreitet.

Die Versuche des Hrn. Waggener zeigen also, dass zu der vollständigen thermoelectrischen Messung der Temperaturen im Bunsen'schen Blaubrenner ein schwerer als Platin schmelzbares Metall im Thermoelement benutzt werden muss, und dass nur 0,05 mm dicke Drähte die Wirkung der Wärmeleitung noch erkennen lassen; doch wird durch Anwendung passend gebogener Drähte die hieraus hervorgehende Fehlerquelle sich vermindern lassen.

Hr. **M. Thiesen** trug darauf vor

Ueber fehlerfreie dioptrische Abbildung durch eine einfache Linse.

Es ist meines Wissens bisher noch kein Fall der theoretisch fehlerfreien dioptrischen Abbildung einer Fläche bekannt, selbst wenn man von denjenigen Fehlern absieht, die von den fünften Potenzen der Winkel zwischen den Lichtstrahlen und der Axe des Systems abhängen. Eine leichte Ueberlegung zeigt nun aber, dass schon die Elemente, welche bei einer einfachen Linse zur Verfügung stehen, gerade hinreichend sind, um bei der angegebenen Näherung den Bedingungen für eine

1) Daher schmolz auch bei den Versuchen mit Element IV der Draht an der heissesten Stelle der Flamme zuerst durch und erstarrte wieder, wenn er eine grössere Dicke erreicht hatte.

vollkommene, geometrisch ähnliche und ebene Abbildung[1]) zu genügen, vorausgesetzt, dass man zunächst als Begrenzungsflächen der Linse beliebige Rotationsflächen zweiten Grades zulässt.

Die wirkliche Berechnung der Linse stösst bei Anwendung früher veröffentlichter Formeln[2]) auf keine Schwierigkeit. Man findet eine concav-convexe Linse, die von Kugeln gleicher Krümmung begrenzt wird; bei der concaven Begrenzung würde allerdings eine Abweichung von der Kugelgestalt bei der festgehaltenen Näherung ohne Bedeutung sein. Ist n der Brechungsexponent der Linse, die von Luft umgeben sein soll, e ihre Dicke, so ist der Halbmesser der Begrenzungsflächen gegeben durch

$$r = e\frac{n}{n+1}.$$

Die fehlerfreie Abbildung findet nur statt, wenn die Linse bei der Vergrösserung $\gamma = n^2$ benutzt wird. Von den beiden einander entsprechenden Bildern ist dann keines reell; das kleinere, welches zu den Strahlen jenseits der concaven Fläche gehört, liegt in der diese Fläche berührenden Ebene, hat also wenigstens den Axenpunkt im Reellen, das grössere liegt um $e(n-1)$ weiter nach der concaven Seite hin.

Eine unmittelbare practische Bedeutung dürfte die Linse nicht haben. Die Bedeutung der Untersuchung liegt vielmehr zunächst darin, dass die bisher noch bestrittene Möglichkeit der fehlerfreien dioptrischen Abbildung zweier Flächen aufeinander direct nachgewiesen werden konnte, vor allem aber darin, dass sich der Weg, durch directe Berechnung ein Diopter von bestimmten Eigenschaften zu finden, als leicht gangbar erwiesen hat.

Wird nur verlangt, dass die Abbildung durch eine einfache Linse eine scharfe sei, und zugelassen, dass die Begrenzungsflächen von der reinen Kugelgestalt abweichen, so ist bei gegebenem Brechungsexponenten nur eine Bedingungsgleichung zwischen Vergrösserung und den beiden Krümmungsradien zu erfüllen, welche für jede dieser Grössen quadratisch ist, also auch auf imaginäre Werthe führen kann. Eine ebene Abbildung setzt überdies, wie bekannt, die Gleichheit der beiden Krümmungsradien voraus.

1) Vgl. Thiesen, Diese Verh., **11.** p. 15. 1892.

2) Thiesen, Sitzber. d. Akad. d. Wissensch. z. Berlin, **35.** p. 799. 1890.

Druck von Metzger & Wittig, Leipzig.

Jahrg. 14 Nr. 5.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

Sitzung vom 29. November 1895.

Vorsitzender: Hr. W. v. Bezold.

Hr. **M. Thiesen** berichtete

über seine im zweiten Bande der wissenschaftlichen Abhandlungen der Physikalisch-technischen Reichsanstalt veröffentlichten Arbeiten.

Sitzung vom 13. Dezember 1895.

Vorsitzender Hr. E. Warburg.

Der Vorsitzende gedachte der beiden langjährigen Mitglieder, welche die Gesellschaft im Laufe des nun bald scheidenden Jahres durch den Tod verloren hat:

Gustav Spörer

Observator am Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam

geb. 23. Oct. 1822 gest. 7. Juni 1895.

Hermann Knoblauch

Professor der Physik a. d. Universität zu Halle

geb. d. 11. April 1820 gest. am 1. Juli 1895.

Die Anwesenden erheben sich zu ehrendem Angedenken der Verstorbenen von den Sitzen.

Hr. **Th. Des Coudres** sprach

über Kathodenstrahlen unter dem Einflusse magnetischer Schwingungen.

Zunächst wurde folgender Versuch demonstrirt. Der Schliessungskreis einer kleinen Leidener Flasche bestand aus

Gesammtlänge. In ihn waren
kenstrecke mit Zinkelectroden.
Umgängen und $4^1/_2$ cm Durch-
windungen, die als Primär-
tors dienten. Die secundäre
befand sich auf einem über-
8 cm Durchmesser und zählte
ses secundären Kreises führten
und *b* eines luftleeren Glas-
Verbindet man die Flaschen-
mittelgrossen Inductoriums, so
primären Funken aus *a* und *b*
s, weithin kenntlich an den bei
rescenzflecken der Glaswand.
Wir nähern jetzt das Rohr
der von den oscillatorischen
Flaschenentladungen durch-
flossenen Drahtschleife *A* in
der aus der Figur ersicht-
lichen Stellung und je nach
der Schaltung der Tesla-
transformatorpole in Bezug
auf die Electroden des Rohres
rücken die Phosphorescenz-
auseinander nach *g* und *f*, ohne
werden
der Kathodenstrahlen lehrt:
ugte magnetische Wechselfeld
hnen konnte, einer maximalen
Ampères. Eine nicht voraus-
dass die beiden Strahlen scharf
mig ausgebreitet werden. Es
tehens der Kathodenstrahlen
wingungsdauer der electrischen
kurz gegen $3 . 10^{-7}$ Sec. Die
einer bestimmten Phase der
Electroden ausgesandt werden.
iter dar, wie die vorgeführte
schleifen zur Bestimmung der

Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Kathodenstrahlen verwandt werden kann, selbst für den Fall, dass die Geschwindigkeit sehr gross, etwa der Lichtgeschwindigkeit vergleichbar, sein sollte. Dass sie wesentlich grösser sein muss als der von J. J. THOMSON angegebene Werth von 19 cm pro Mikrosecunde scheint schon aus bisher zu vorläufiger Orientirung angestellten Messungen zu folgen. Beim Fortschreiten zu rascheren Schwingungen werden die Wirkungen naturgemäss immer schwächer. Es wurde darum versucht, den das magnetische Hochfrequenzfeld erzeugenden Primärkreistheil in die Vacuumröhren selbst zu verlegen. Hierbei ergaben sich aber neben den erwarteten auch störende unerwartete Erscheinungen. Es hatte den Anschein als ob Kathodenstrahlen durch die Magnetkraftlinien des sie auslösenden Entladungsstromes selbst beeinflusst würden.

Als Beispiel folgte die Demonstration der Eigenthümlichkeit, dass der Kathodenschatten eines durch eine Vacuumröhre geführten Drahtes sich verbreitert und helle Ränder bekommt, sobald ein herausstehendes Ende des Drahtes mit dem Finger berührt, ja, sobald nur eine kleine Capacität in Gestalt eines kurzen isolirten Drahtstückchens angehängt wird. Wieder rückgängig gemacht werden kann die Schattenverbreiterung durch electrische Einflüsse, z. B. wenn wir das andere Ende eines angehängten längeren Drahtes an passende Stellen der secundären Spule anlegen. Enorm wird die Strahlablenkung durch den schattenwerfenden Körper bei dessen leitender Verbindung mit der Kathode, und das Bild stimmt dann ganz mit den von GOLDSTEIN beschriebenen Dunkelflächen. Es liegt darum nahe, auch in den anderen Fällen eine mit GOLDSTEIN's Deflexion der Kathodenstrahlen identische oder mindestens verwandte Erscheinung zu sehen und sodann zu versuchen, ob diese Deflexionserscheinungen nicht als Folgen des magnetischen Feldes electrischer Strömungen erklärt werden können.

Die Wirkung von magnetischen Schwingungen auf cohärent intermittirende Kathodenstrahlen verspricht auch ein Mittel zum Studium electrischer Wellen zu werden.

Hr. **E. Goldstein** erklärt ebenfalls die erwähnten Schattenverbreiterungen für identisch mit Deflexionserscheinungen, die

er in seiner Schrift „Eine neue Form electrischer Abstossung" (Berlin 1880) beschrieben. Die Möglichkeit electrodynamischer Erklärung der Erscheinungen ist dort bereits erörtert, jedoch mit verneinendem Resultat. Auf gleichartige Erscheinungen hat Redner schon vor längerer Zeit[1]) die Bestimmung einer unteren Grenze für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Kathodenstrahlen gegründet, was Hrn. J. J. THOMSON entgangen zu sein scheint.

Hr. F. v. **Hefner-Alteneck** sprach dann

über einen Apparat zur Beobachtung und Demonstration kleinster Luftdruckschwankungen („Variometer").

Wenn man eine mit Luft gefüllte, nicht zu kleine Flasche in einer engen, wagerecht liegenden Glasröhre nach aussen münden lässt, und in diese Röhre einen gefärbten Tropfen leicht beweglicher Flüssigkeit bringt, so stellt sich der Tropfen so ein, dass in und ausserhalb der Flasche gleicher Luftdruck herrscht. Er wird bei der geringsten einseitigen Druckveränderung stark verschoben, etwa um den 100- und mehrfachen Betrag desjenigen, welchen das Quecksilberbarometer anzeigt.

An einer so empfindlichen Vorrichtung kann man beobachten, dass der atmosphärische Druck nicht nur denjenigen langsamen Veränderungen unterworfen ist, welche das Barometer angibt, sondern dass auch kleine und häufige Schwankungen darin vorkommen, welche an gebräuchlichen Barometern gar nicht mehr oder nicht in ihrem richtigen Verlaufe wahrzunehmen sind.

Zur dauernden Beobachtung dieser kleinen Schwankungen wäre aber auch eine solche Vorrichtung noch unbrauchbar, weil die Glasröhre viele Meter lang gemacht werden müsste, um die Gesammtbewegung des Tropfens aufzunehmen. Dabei würde sich dieser durch Benetzung der Rohrwände aufbrauchen. Auch würden unvermeidliche Temperaturveränderungen in der Flasche ebenfalls grosse Verschiebungen des Tropfens herbeiführen.

---

1) E. GOLDSTEIN, Sitzber. Berl. Akad. Januar 1880, Wied. Ann. 12. p. 90. 1880.

Bei dem nachstehend beschriebenen sehr einfachen und dauernd wirkenden Apparate (Variometer) werden die kleinen und schnell verlaufenden Luftdruckschwankungen allein zur Darstellung gebracht, während die langsamen und grossen Schwankungen, welche das Barometer anzeigt, unwirksam bleiben.

Es wird dieses Verfahren durch das wellenartige Auftreten der kleinen Schwankungen ermöglicht, etwa ähnlich wie auf dem Meere die Beobachtung der Wellenhöhen ohne Berücksichtigung etwaiger Niveauveränderungen.

Der neue Apparat, dessen Obertheil umstehend abgebildet ist, besteht demnach aus einer mit Filz oder Wollenzeug umhüllten Flasche von ungefähr 1 Liter Luftinhalt, welche durch einen Gummipfropfen mit 2 Durchbohrungen geschlossen ist. In die eine Durchbohrung ist die 2 bis höchstens 3 mm weite Glasröhre eingesteckt, welche den gefärbten Tropfen enthält. Dieser spielt in einem etwa 10 cm langen wagerechten Stück der Röhre, welches jedoch annähernd in einem sehr flachen Kreisbogen ein wenig nach unten durchgebogen ist. Die Mitte des Stückes liegt auf diese Art etwa um 4 mm tiefer wie die beiden äusseren Punkte.

Dahinter ist eine kleine Centimeterscala angebracht. Rechts und links an diesem Stück ist die Röhre wieder aufwärts gebogen und enthält kleine Kugeln oder Erweiterungen, damit beim Einsetzen des Pfropfens etc. der Tropfen nicht herausgeworfen wird.[1]) Die beiden Enden der Röhre sind schliesslich wieder abwärts gebogen, das nach aussen mündende, damit kein Staub hineinfällt.

In die andere Durchbohrung ist eine zweite Glasröhre

---

1) Um dies auch für weiteren Transport zu verhindern, kann man die von oben kommenden Rohrtheile in die Kugeln hineinragen lassen.

Je nachdem man das Rohr in einer Schleife, wie die Figur zeigt, biegt oder nicht, kann man das Ganze annähernd symmetrisch über der Flasche anordnen, oder seitlich davon abstehend.

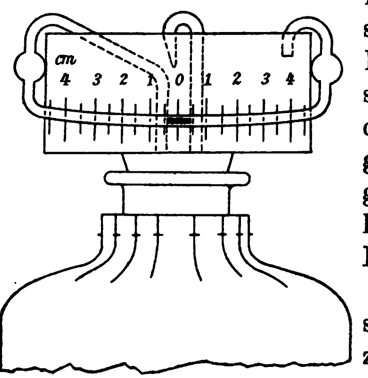
Für den Tropfen ist u. a. Petroleum, möglichst schwach mit Azobenzol gefärbt, gut verwendbar.

Fertig kann das „Variometer“ bezogen werden von Warmbrunn, Quilitz & Co. Berlin C Rosenthalerstr. 40 zum Preise von Mark 3,60.

eingesteckt, welche in einer (abwärts gebogenen) möglichst fein ausgezogenen Spitze, oder in einem kurzen Stückchen angeschmolzenen Thermometerrohres ohne weiteres nach aussen mündet.

Diese feine Spitze oder Rohrmündung spielt eine mehrfache Rolle. Erstens bewirkt sie den stetigen Ausgleich der Druckdifferenzen bei unvermeidlichen langsamen Temperaturänderungen in der Flasche. Dass diese Aenderungen unter gewöhnlichen Umständen nur langsame sind, wird durch die Umhüllung der Flasche gewährleistet.

Zweitens bewirkt die feine Spitze, dass der gefärbte Tropfen, sich selbst überlassen, aus jeder abgelenkten Stellung dem tiefstgelegenen Punkte seiner Bahn wieder zufliesst. Das kann nur sehr langsam geschehen, weil die bewegende Kraft dabei sehr gering ist und dem gegenüber der Widerstand der gleichzeitig durch die Spitze ziehenden, wenn auch nur kleinen Luftmenge sich geltend macht.



Die äusseren Luftdruckschwankungen endlich wirken zwar sowohl gegen die Spitze, wie gegen die Oeffnung der weiten Röhre. Die kleinen Schwankungen haben aber, wenn sie überhaupt merklich auftreten, einen so schnellen Verlauf, dass sie eine nennenswerthe Menge Luft durch die feine Spitze nicht befördern können. Ihr Ausgleich mit dem innern Luftdruck findet so gut wie ausschliesslich durch die unverengte Röhre statt und kommt durch Hin- und Herbewegung des Tropfens zum Ausdruck.

Durch die erwähnte Eigenbewegung des Tropfens wird zwar jedesmal seine Auswärtsbewegung ein wenig verzögert und seine Einwärtsbewegung beschleunigt. Es handelt sich aber dabei, wie schon erwähnt, nur um sehr geringe Beträge, welche den Charakter der Schwankungen nicht verändern. Sie treten überdies der Krümmung der Röhre wegen bei kleinen Ausschlägen entsprechend schwächer auf, als bei grossen.

Die langsam verlaufenden grossen Luftdruckschwankungen dagegen finden ihren Ausgleich genügend durch die Spitze. Sie beeinflussen den Tropfen nur unmerklich und höchstens nur im Sinne einer Verschiebung seiner Mittellage.

Um die Empfindlichkeit des Apparatchens zu prüfen, braucht man es nur, ohne seine Neigung zu ändern[1]), an einem atmosphärisch nicht zu unruhigen Tage ein abgemessenes Stück in die Höhe zu heben, und die dabei auftretende Verschiebung des Tropfens, bevor sie sich langsam von selbst wieder ausgleicht, zu beobachten.

Man wird dabei finden, dass sie je nach der benutzten Rohrweite den 150- bis 300 fachen Betrag der entsprechenden Barometerveränderung (bei uns 0,09 mm auf den Meter Höhendifferenz) aufweist.

Es lässt sich so ohne weiteres die Verminderung des Luftdrucks schon für 1 dcm Höhenunterschied deutlich erkennen, diejenige für 1 m aber schon vor einer grossen Personenzahl demonstriren.

Eine Vergrösserung der Flasche würde die Empfindlichkeit noch erhöhen.

Ueber bis jetzt mittels des beschriebenen „Variometer“ gemachte Beobachtungen sei nachträglich angeführt, dass die kleinen Luftdruckschwankungen in der ersten Hälfte des December (1895) dauernder und im allgemeinen ausgesprochener aufgetreten sind als in der zweiten, und dass am Vormittag des stürmischen sechsten, welcher in Berlin und Umgegend mit Gewittern und Schneefällen geendigt hat, die Bewegungen des Tropfens so heftige waren, dass sie beiderseits die Scala überschritten.

Es konnte ferner beobachtet werden, dass die kleinen Schwankungen auch zu Zeiten sich gleich bleibenden Barometerstandes vorkommen.

In einem bewohnten Hause bemerkt man ausser den atmosphärischen auch noch solche Druckschwankungen, die von bewegten Thüren etc. herrühren, in der Regel aber an der Art ihres Auftretens als solche zu erkennen sind.

---

1) Am einfachsten wird dazu die Flasche am Halse freihängend zwischen zwei Finger genommen.

Hr. **Neesen** besprach zunächst unter Vorlegung von Photographien

einen Blitzschlag,

von welchem ein Kirchthurm in der Provinz Sachsen im Verlaufe dieses Sommers heimgesucht ist. Das Thurmdach wurde fast ganz abgedeckt, nur die Sparren standen noch. An dieses Dach anschliessend, zeigte sich eine nach unten in der Breite sich verjüngende gewaltige Zerstörung des Mauerwerkes bis zur Höhe der Decke im Kirchenschiffe. An dieser entlang ist, wie die Absplitterung des Bewurfes zeigt, die Entladung bis zur Orgel weitergegangen. Auch im Dache des Kirchenschiffes waren einige Ziegel abgehoben. Es ähnelt die Zerstörung sehr derjenigen bei Blitzschlägen in einen Baum. Die Ursache derselben dürfte in dem jeden Blitzschlag begleitenden Wirbelwind, also der durch letzteren erzeugten Luftverdünnung ausserhalb des Thurmes zu suchen sein.

Ein weiterer, in seinen Folgen sehr viel verderblicher und wegen des Versagens einer Blitzableiteranlage doppelt bemerkenswerther Blitzschlag vernichtete am 31. Mai d. J. das Petroleumlager der Bremer Trading Co. in Harburg. Es waren dort 4 Tanks hintereinander angeordnet, von dem übrigen Terrain durch einen Erdwall von 2 m Höhe abgeschlossen. Jeder Tank bestand aus einem eisernen Behälter von etwa 20 m Durchmesser und 10 m Höhe. Die Tankdecke wurde von im Innern befindlichen hölzernen Deckstützen noch besonders gestützt. An die Tankanlage schlossen sich an, Lagerschuppen, Kesselhaus, Lagerplatz, auf welchem zur Zeit des Brandes 40 000 Stück gelagert haben sollen.

Die beiden vorderen, nach dem Lagerhaus gelegenen Tanks waren ganz gefüllt, die beiden anderen bis 3 m bez. 4 m Höhe.

Jeder Tank ist mit einem Mannloch in der Mitte der Decke von 55 cm Durchmesser und vier weiteren Oeffnungen von 20 cm Durchmesser versehen. Auf den letzteren Oeffnungen sassen Hauben, das Mannloch, welches fortwährend zur Vornahme von Arbeiten benutzt wird, hat einen beweglichen Deckel. Es sollen alle Mannlöcher geschlossen gewesen sein.

Die Blitzableiteranlage bestand bei jedem Tank aus 4 hohen, an der Seitenwand befestigten und einer auf die Mitte

der Decke aufgesetzten Fangstange, ferner einer an die Seitenwand angelötheten Erdableitung, die, wie ich mich nachträglich überzeugte, nichts zu wünschen überliess. Ausserdem hatten die Tanks noch eine sehr wirksame Ableitung durch ein System von eisernen Zufluss- und Abflussröhren.

Der Blitz soll nach den Aussagen von Augenzeugen in den dritten bis auf 3 m gefüllten Tank geschlagen sein, von welchem sich der Brand auf die anderen Tanks und von da auf die Gebäude und das Fasslager verbreitete. Die Angabe, dass gerade Tank No. 3 getroffen ist, dürfte nach meinen Erkundigungen an Ort und Stelle mit Vorsicht aufzunehmen sein. Von den ganz gefüllten Tanks No. 1 und 2, bei welchen übrigens immer noch etwa 0,3 m Luftraum zwischen Oberfläche des Petroleums und der Tankdecke vorhanden war, wurden durch Explosion die Decken abgerissen und auf die benachbarten Wiesen geschleudert. Bei den beiden anderen Tanks waren die Decken nur auf den Boden der Behälter zusammengesunken. Die beiden Gebäude und das Fasslager sind gänzlich verbrannt; trotz des gewaltigen Feuers, das von Abends 6 Uhr bis zum andern Morgen 9 Uhr anhielt und in Folge dessen die Oberfläche des Erdwalles bis auf 5 cm Stärke zusammengesintert ist, ist in der Umgebung der Brandstelle nichts, ausser einem Baume beschädigt worden, nicht einmal ein dicht neben letzterem stehender Heuhaufen. Das Petroleum in den Tanks brannte ruhig ab; ebenso die Fässer, sodass die eisernen Reifen der letzteren so schön aufeinander geschichtet waren, wie es absichtlich wohl kaum zu machen ist. Die Explosion bei den beiden Tanks 1 und 2 muss gleich im Beginne des Brandes erfolgt sein; nachdem das Unglück wahrgenommen, ist keine Explosion gehört. Ein auf dem benachbarten Grundstück arbeitender Mann wurde erst durch das Niederfallen eines grossen Stückes Eisenblech in seiner unmittelbaren Nähe auf den Brand aufmerksam gemacht.

Wie ist nun das Versagen des Blitzableiters zu erklären? Letzterer war entschieden mit grosser Sorgfalt angelegt; ein Mangel an Erdleitung kann nach dem Befinden über die Güte derselben unmöglich die Ursache gewesen sein. Für die Annahme eines Abspringens der Entladung nach dem Innern der Tanks liegt gar kein Grund vor. Daher erscheint mir als

einzige Deutung die, dass der Blitz eine der Stangen getroffen hat und dass sich an diesem Blitzfunken die über den Tanks lagernden Petroleumdämpfe entzündet haben. Diese Ansicht wird gestützt durch Versuche, die ich über Entzündbarkeit von Petroleum, Aether und Alkohol ad hoc anstellte. Die betreffenden Flüssigkeiten befanden sich in eisernen Schalen, abgedeckt durch einen Deckel, der Oeffnungen von 0,5 bis 1 cm Durchmesser hatte. Auf diesen Deckel wurde der Entladungsfunke einer Batterie von Leydener Flaschen geleitet. Ueberstrich dieser Funke eine Oeffnung, so zeigte sich bei allen Flüssigkeiten ein flatternder Lichtschein, zum Zeichen, dass die aus der Oeffnung tretenden Dämpfe sich entzündet hatten. Bei Vergrösserung der Dampfentwickelung durch vorsichtiges Erhitzen trat regelmässig ein Ueberschlagen des Funken und Entzündung der Flüssigkeiten ein.

Mit Hinsicht auf diese Möglichkeit einer Entzündung der oberhalb der Tanks lagernden Dämpfe an dem den Blitzableiter treffenden Blitzstrahl ist die bei der Harburger Anlage gewählte Anordnung des Blitzableiters, welche ja in anderen Fällen sehr angebracht ist, zu verwerfen. Es würde die Weiterverbreitung der Flamme in das Innere des Tanks vermieden werden können, wenn alle Oeffnungen nach Art der Davy'schen Sicherheitslampen durch Drahtnetze verschlossen würden. Versuche, bei welchen die Oeffnungen in den Deckeln der die verdampfenden Flüssigkeiten enthaltenden eisernen Schalen durch Drahtnetze geschlossen wurden, zeigten, wie zu erwarten stand, dass in keinem Falle die Flamme in das Innere schlug. Doch kann man sich nie darauf verlassen, dass bei noch so strengen Vorschriften die Mannlöcher, welche täglich wegen Vornahme von Arbeiten geöffnet werden müssen, stets wieder sicher mit dem Drahtnetz verschlossen werden. Ein sicheres Anliegen des Netzes an allen Stellen ist aber nöthig, weil sich sonst an den lockeren Berührungsstellen noch Funken bilden können. Bei den vorher genannten Versuchen zeigte sich, dass, auch wenn das auf der eisernen Schale liegende Drahtnetz, ebenso wie die Schale zur Erde abgeleitet waren, doch noch an den Stellen der lockeren Berührung zwischen Netz und Schale kleine Funken entstanden.

Meines Erachtens wird daher bei ähnlichen Anlagen der

Verschluss aller nöthigen Oeffnungen durch Drahtnetze zwar zu fordern sein, aber es muss, um den Blitzfunken möglichst fern von den Petroleumdämpfen über den Tanks zu halten, die Anbringung von Fangstangen an den Tanks selbst unterbleiben, dafür die ganze Tankanlage mit ausserhalb derselben etwa an der Aussenseite des die Tanks umgebenden Erdwalles angebrachten Fangstangen geschützt werden. Dazu sind Masten anzuordnen, an welchen Eisen- oder Kupferdrähte hochgeführt werden, sodass die Enden der letzteren die Tankdecke um 3 m überragen. Auf jeden Tank von der Grösse wie bei der Harburger Anlage sind an jeder Seite 2 solche Masten zu rechnen. Die einzelnen Stangen sind natürlich untereinander und mit den Wänden der Tanks unterhalb der Decke der letzteren zu verbinden. Vorzüglich verzweigte Erdableitung ist unerlässlich.[1])

Hr. **Neesen** machte dann noch auf eine Arbeit der Hrn. Albert Cussing Crehore und Dr. George Aven Squier (Journal of the United States Artillery 1895) aufmerksam, in welchem eine auf der electromagnetischen Drehung beruhende Methode zur Bestimmung der Anfangsgeschwindigkeit der Geschosse angegeben wird. Durch das Geschoss wird ein Stromkreis, der vorher von dem Geschosse selbst geschlossen ist, an zwei in bekannten Entfernungen liegenden Orten geöffnet. Der Stromkreis ist um eine mit Schwefelkohlenstoff gefüllte Röhre herumgeführt, welche sich zwischen zwei auf Dunkel eingestellte Nicols befindet. Ein Lichtstrahl, dessen Durchgang während der Stromdauer durch die electromagnetische Drehung ermöglicht wird, trifft eine mit bekannter Geschwindigkeit rotirende photographische Platte

1) Ueber den Harburger Fall berichtet, wie ich nachträglich erfahre, auch Dr. Höpke in den Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen. Zu diesen Ausführungen möchte ich bemerken, dass von Tank 3 die Decke nicht abgeschleudert ist, also dort keine Explosion erfolgte. Was das Bedenken in Betreff der Drahtgitter betrifft, wonach letztere versagen müssen, weil sie glühend werden, so ist zu beachten, dass bei dem Abbrennen der Dämpfe oberhalb dieser Netze ein Glühendwerden nicht zu befürchten sein wird.

und zeichnet auf dieser eine Linie, aus deren Länge die Zeit zwischen zwei Oeffnungen des Stromkreises ermittelt werden kann. Als erstes Ergebniss ist der sichere Nachweis zu erwähnen, dass die Geschwindigkeit des Geschosses auch nach Verlassen des Geschützrohres noch ansteigt, also dass die Pulvergase auch dann noch eine merkbare Wirkung haben.

Mitgliederliste.

Im Jahre 1895 wurden in die Gesellschaft aufgenommen die Herren:
Dr. Altschul. Frhr. v. Beaulieu. Dr. U. Behn. Dr. A. Coehn. Dr. Edler, Dr. J. Elster. Dr. S. Epstein. Dr. Felgenträger. H. Geitel. Dr. H. Krüss. Dr. Kühnen. Major Nieber. Dr. R. Scholz. Frhr. v. Seher-Thoss. Dr. Siebert.

Dagegen verlor die Gesellschaft durch Tod:
Prof. Dr. H. Knoblauch, Prof. Dr. C. Ludwig, Prof. Dr. G. Spörer, Prof. Dr. Worpitzky.

Ihren Austritt aus der Gesellschaft erklärten die Herren:
Dr. Sell, Dr. Jagor, Prof. Dr. Jahn, Dr. Köbke.

Am Ende des Jahres 1895 waren Mitglieder der Gesellschaft:

Hr. Prof. Dr. Adami in Bayreuth.
— Dr. Altschul*), N., Putbusserstrasse 29.
— Prof. K. Ångström in Stockholm, Stockholm's Högskola.
— Dr. F. S. Archenhold, Grunewald, Sternwarte.
— Prof. Dr. H. Aron, W., Lichtensteinallee 3a.
— Dr. L. Arons, SW., Königgrätzerstrasse 109.
— Prof. Dr. R. Assmann, Grünau, Victoriastrasse 6.
— Dr. E. van Aubel in Brüssel, Rue royale 3.
— Prof. Dr. Avenarius in Kiew.
— O. Baschin, W., Schinkelplatz 6.
— Frhr. v. Beaulieu, Cassel.
— Dr. U. Behn, NW., Reichstagsufer 7/8.
— Dr. W. Bein, W., Schaperstr. 36.
— P. Benoit, SW., Wartenburgstrasse 23.
— A. Berberich, SW., Lindenstr. 91.
— Dr. G. Berthold in Ronsdorf.
— Prof. Dr. W. v. Bezold, W., Lützowstrasse 72.
— Prof. Dr. E. Blasius, Charlottenburg, Knesebeckstrasse 96.
— A. Blümel, SO., Melchiorstrasse 22.
— Prof. Dr. R. Börnstein, Wilmersdorf, Lieckstrasse 10.
— Dr. H. Böttger, NW., Lessingstrasse 10.
— Dr. H. E. J. G. du Bois, NW., Schiffbauerdamm 21.
— A. du Bois-Reymond in Westend bei Berlin, Ahorn-Allee 42.
— Prof. Dr. E. du Bois-Reymond, NW., Neue Wilhelmstrasse 15.
— Prof. Dr. L. Boltzmann in Wien.
— Prof. Dr. F. Braun in Strassburg.
— Prof. Dr. A. Brill in Tübingen.
— Dr. W. Brix in Charlottenburg. Berliner Strasse 13/14.

Hr. Dr. W. Brix jun., SW., Schützenstrasse 3.
— Dr. E. Brodhun, Col. Grunewald, Hubertusbaderstr. 22.
— Dr. C. Brodmann, NW., Flensburgerstrasse 2.
— Telegraphendirector Brunner in Wien.
— Prof. Dr. Bruns in Leipzig.
— Prof. Dr. E. Budde, NW., Klopstockstrasse 53.
— Prof. Dr. F. Burckhardt in Basel.
— Dr. R. Burg, NW., Mittelstr. 3.
— Dr. M. Busolt, W., Steglitzerstrasse 55.
— Dr. F. Caspary, W., Schlüterstrasse 67.
— Prof. Dr. E. B. Christoffel in Strassburg i. E.
— Prof. Dr. O. Chwolson in St.-Petersburg.
— Dr. A. Coehn, NW., Altonaerstrasse 27.
— Dr. Dehms in Potsdam.
— Prof. Dr. C. Dieterici in Hannover.
— Prof. Dr. Dietrich in Stuttgart.
— Dr. P. Drude in Leipzig.
— Dr. E. v. Drygalski, W., Steglitzerstrasse 24.
— Dr. A. Ebeling, W., Winterfeldtstrasse 30b.
— Dr. Edler, Potsdam, Meteorol. Institut.
— Dr. J. Elster, Wolfenbüttel.
— Dr. S. Epstein, N., Elsasserstr. 49.
— Prof. Dr. E. O. Erdmann, SW., Hafenplatz 7.
— F. Ernecke, SW., Königgrätzerstrasse 112.
— Dr. M. Eschenhagen in Potsdam, Magnetisches Observatorium.
— Dr. C. Färber, SO., Elisabethufer 41.
— Dr. Felgenträger, Potsdam, Meteorol. Institut.

*) Berlin ist in dem Verzeichniss weggelassen.

Hr. Dr. K. Feussner in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 1.
— Prof. Dr. A. Fick in Würzburg.
— Prof. Dr. R. Finkener, W., Burggrafenstrasse 2a.
— Dr. K. Fischer, N., Swinemünderstrasse 138a.
— Dr. A. Franke, NW., Bachstr. 4.
— Dr. G. Freund, NW., Unter den Linden 69.
— Prof. Dr. O. Frölich, Steglitz, Hohenzollernstrasse 5.
— Prof. Dr. Fromme in Giessen.
— Prof. Dr. L. Fuchs, NW., Kronprinzenufer 24.
— R. Fuess in Steglitz, Düntherstrasse 8.
— Prof. Dr. J. Gad in Prag.
— H. Geitel in Wolfenbüttel.
— Dr. H. Gerstmann, Charlottenburg, Uhlandstrasse 178.
— Dr. W. Giese, W., Bülowstr. 80.
— Prof. Dr. P. Glan, NW., Klopstockstrasse 65.
— Prof. Dr. E. Goldstein, SW., Königgrätzerstrasse 92.
— Prof. Dr. D. Goldhammer in Kasan.
— Prof. Dr. L. Grätz in München, Arcisstrasse 8.
— Dr. Th. Gross, Charlottenburg, Schlossstrasse 56.
— Prof. Dr. P. Groth in München.
— Prof. Dr. Grotrian in Aachen.
— Prof. Dr. L. Grunmach, W., Nürnbergerstrasse 22.
— Prof. Dr. G. Gruss in Prag, Böhmische Sternwarte.
— Prof. Dr. S. Günther in München.
— Dr. E. Gumlich in Charlottenburg, Schlüterstrasse 71.
— H. Hänsch, S., Stallschreiberstr. 4.
— Dr. E. Häntzschel, W., Gleditschstrasse 43.
— Prof. Dr. E. Hagen, W., Kurfürstenstrasse 76 III.
— Prof. Dr. E. Hagenbach-Bischoff in Basel.
— H. Hahn, NW., Melanchthonstrasse 12.
— Prof. Dr. M. Hamburger, NW., Karlstrasse 28.
— Prof. Dr. Hammerl in Innsbruck.
— G. Hansemann, W., Maassenst. 29.
— Prof. Dr. G. Hauck, W., Bülowstrasse 6.
— Dr. B. Hecht in Königsberg i. Pr.
— F. v. Hefner-Alteneck, W., Hildebrand'sche Privatstrasse 9.
— Prof. Dr. G. Hellmann, W., Margarethenstrasse 2/3.

Hr. Prof. Dr. K. Hensel, W., Kurfürstendamm 116.
— Prof. Dr. A. Heydweiller in Breslau.
— Prof. Dr. J. Hirschwald in Charlottenburg, Hardenbergstrasse 9.
— Dr. H. Hohnhorst, SW., Belleallicancestrasse 80.
— Dr. L. Holborn, Charlottenburg, Schlossstrasse 3.
— Dr. K. Hollefreund, S., Alexandrinenstrasse 36.
— Prof. Dr. R. Hoppe, S., Prinzenstrasse 69.
— Dr. W. Howe in Westend bei Berlin, Kastanienallee 4.
— Prof. Dr. Hutt in Bernburg.
— Dr. W. Jaeger in Charlottenburg, Goethestrasse 16.
— Dr. E. Jahnke, Charlottenburg, Kantstrasse 24.
— Dr. S. Kalischer, W., Ansbacherstrasse 14.
— Prof. Dr. G. Karsten in Kiel.
— Dr. C. Kassner, SW., Hallesche Strasse 20.
— Dr. W. Kaufmann, W., Magdeburgerstrasse 20.
— Prof. Dr. H. Kayser in Bonn.
— Prof. Dr. E. Ketteler in Münster i. W.
— Prof. Dr. J. Kiessling in Hamburg.
— Dr. L. Klecki in Krakau, Wielopola 1.
— Prof. Dr. F. Klein in Göttingen.
— Prof. Dr. A. König, NW., Flemmingstrasse 1.
— Prof. Dr. W. König in Frankfurt a. M., Adlerflychstrasse 11.
— Dr. A. Köpsel, S., Kommandantenstrasse 46.
— Dr. F. Kötter, S., Annenstr. 1.
— Prof. Dr. M. Koppe, O., Königsbergerstrasse 16.
— Prof. Dr. F. Kohlrausch, Charlottenburg, Marchstrasse 25.
— Prof. Dr. W. Kohlrausch in Hannover.
— Prof. Dr. G. Krech, S., Brandenburgstrasse 43.
— Dr. V. Kremser, NW., Spenerstrasse 34.
— Dr. O. Krigar-Menzel, W., Ansbacherstrasse 48.
— Prof. Dr. H. Kronecker in Bern.
— Dr. H. Krüss. Hamburg.
— Dr. Kühnen in Potsdam, Geodät. Institut.
— Dr. F. Kurlbaum, W., Kurfürstendamm 31.

Hr. Prof. Dr. E. Lampe, W., Kurfürstenstrasse 139.
— Prof. Dr. H. Landolt, W., Königgrätzerstrasse 123 b.
— Prof. Dr. C. Lange, W., Lutherstrasse 47.
— Prof. Dr. J. Lange, SW., Möckernstrasse 85.
Dr. E. Less, NW., Albrechtstrasse 18.
— Dr. L. Levy, W., Blumenthalstrasse 17.
— Prof. Dr. Liebisch in Göttingen.
— Prof. Dr. O. Liebreich, NW., Neustädtische Kirchstrasse 9.
— Dr. St. Lindeck in Charlottenburg, Göthestrasse 68.
— Dr. E. Loew, SW., Grossbeerenstrasse 1.
— Prof. Dr. E. v. Lommel in München, Kaiserstrasse 10.
— Prof. Dr. H. A. Lorentz in Leyden.
— Dr. G. Lübeck, N., Prenzlauer Allee 2.
— Prof. Dr. O. Lummer in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 68 a.
— Dr. A. Mahlke, Charlottenburg, Spreestrasse 1.
— Dr. G. Melander in Helsingfors.
— Dr. B. Meth, W., Eisenacherstrasse 11.
— Dr. Ernst Meyer, SW., Möckernstrasse 121.
— Dr. G. Meyer in Freiburg i. B., Colombistr. 12.
— Dr. H. Meyer, W., Blumenthalstrasse 17.
— Prof. Dr. O. E. Meyer in Breslau.
— Dr. W. Meyer, NW., Moltkestrasse 4.
— Dr. C. Michaelis in Potsdam, Schützenplatz 1 a.
— Dr. P. Micke, W., Kleiststr. 15.
— Dr. James Moser in Wien.
— Dr. R. Müller, W., Wilhelmstrasse 40 a.
— Dr. W. Müller-Erzbach in Bremen.
— Prof. Dr. A. Müttrich in Eberswalde.
— Prof. Dr. H. Munk, W., Matthäikirchstrasse 4.
— Dr. R. Nahrwold, SW., Planufer 31.
— Prof. Dr. F. Neesen, W., Zietenstrasse 6 c.
— Prof. Dr. W. Nernst in Göttingen, Hertzb. Chaussee 13.
— Prof. Neubert in Dresden.
— Prof. Dr. C. Neumann in Leipzig.

Hr. Major Nieber, W., Neue Winterfeldstrasse 3 a.
— Prof. Dr. A. Oberbeck in Tübingen.
— Prof. Dr. A. v. Oettingen in Leipzig.
— Prof. Dr. Paalzow, W., Wilhelmstrasse 50.
— Prof. Dr. J. Pernet in Zürich-Hottingen.
— Prof. Dr. F. Petri, SO., Köpenickerstrasse 22 a.
— Prof. Dr. L. Pfaundler in Graz.
— Dr. J. Picker, Bensberg.
— Prof. Raoul Pictet, C., Neue Promenade 3.
— Prof. Dr. M. Planck, W., Tauenzienstrasse 18 a.
— Prof. Dr. L. Pochhammer in Kiel.
— Dr. F. Pockels in Göttingen, Bühlstr. 36.
— Prof. Dr. F. Poske, SW., Hallesche Strasse 21.
— Prof. Dr. W. Preyer in Wiesbaden, Villa Panorama.
— Dr. E. Pringsheim, NW., Kronprinzenufer 25.
— Dr. M. Prytz in Kopenhagen, Falkonergaardsvej 12.
— Prof. Dr. G. Quincke in Heidelberg.
— Dr. R. Radau in Paris.
— Dr. A. Raps, SW., Johanniterstrasse 18.
— Prof. Dr. Recknagel in Augsburg.
— Prof. Dr. O. Reichel in Charlottenburg, Bismarckstr. 126.
— Dr. W. Reiss, W., Kurfürstenstrasse 98.
— Renisch in Essen.
— Prof. Dr. F. Richarz in Greifswald.
— Dr. E. Richter, Charlottenburg, Kantstrasse 52.
— Prof. Dr. E. Riecke in Göttingen.
— Dr. R. Ritter, NW., Herwarthstrasse 3 a.
— Dr. M. v. Rohr, W., Motzstr. 75.
— Dr. H. Rohrbeck, NW., Karlstrasse 24.
— Prof. Dr. J. Rosenthal in Erlangen.
— Director Dr. F. Roth in Leipzig.
— Prof. Dr. H. Rubens, W., Tauenzienstrasse 10.
— Prof. Dr. Fr. Rüdorff in Charlottenburg, Marchstrasse 7 e.
— Prof. Dr. Rühlmann in Chemnitz.
— Prof. Dr. C. Runge in Hannover.
— Prof. Dr. Saalschütz in Königsberg in Pr.

Hr. Prof. Dr. P. Schafheitlin in Charlottenburg, Joachimsthalerstr. 1.
— Dr. K. Scheel in Charlottenburg, Marchstrasse 25.
— Prof. Dr. J. Scheiner in Potsdam, Astrophysikal. Observatorium.
— Dr. R. Schelske, NW., Beethovenstrasse 3.
— Prof. Dr. V. Schemmel, SW., Urbantrasse 176.
— Dr. Schenk, N., Strassburgerstr. 2.
— Prof. Dr. K. Schering in Darmstadt.
— M. Schlegel, W., Bellevuestr. 15.
— Dr. Schönach in Innsbruck.
— Dr. O. Schönrock, Charlottenburg, Bismarkstrasse 96.
— Prof. Dr. J. Scholz, S. Hasenh. 54.
— Dr. P. Scholz in Steglitz.
— Dr. R. Scholz, N., Schlegelstr. 4.
— Prof. F. Schotte, SW., Grossbeerenstrasse 27a.
— Dr. P. Schottländer in Charlottenburg, Göthestrasse 87.
— Dr. Schülke in Osterode in O./Pr.
— Prof. Dr. B. Schwalbe, NW., Georgenstrasse 30/31.
— Dr. G. Schwalbe, NW., Georgenstrase 30/31.
— R. Seebold, W. Landgrafenstr. 16.
— Frhr. v. Seher-Thoss, W., Hohenzollernstrasse 11.
— Dr. Siebert, Gross-Lichterfelde, Potsdamerstrasse 61.
— Dr. G. Sieben in Gross-Lichterfelde.
— Wil. v. Siemens, W., Thiergartenstrasse 10.
— Prof. Dr. P. Silow in Warschau.
— Dr. W. Sklarek, W., Lützowstrasse 63.
— Prof. Dr. A. Slaby in Charlottenburg, Sophienstrasse 4.
— Dr. P. Spies, Charlottenburg, Uhlandstrasse 188.
— Prof. Dr. A. Sprung in Potsdam, Meteorol.-magnet. Observat.
— Dr. Steiner in Erlangen.
— Dr. K. Strecker, Gross-Lichterfelde, Promenadenstrasse 9.
— Prof. Dr. V. Strouhal in Prag, Clementinum.
— Dr. R. Süring in Potsdam, Meteorol.-magnet. Observat.
— Dr. Theurer in Prag.
— Dr. B. Thierbach in Charlottenburg, Bismarkstrasse 115.

Hr. Prof. Dr. M. Thiesen in Friedrichshagen, Ahornallee 10.
— Dr. B. v. Tietzen-Hennig, Westend, Kastanienallee 4.
— Prof. H. Thurein, N., Chausseestrasse 40.
— Dr. Fr. Vettin, SW., Bernburgerstrasse 24.
— Prof. Dr. R. Virchow, W., Schellingstrasse 10.
— Prof. Dr. H. C. Vogel in Potsdam, Astrophysikal. Observat.
— Prof. Dr. H. W. Vogel, Grunewald-Colonie, Schinkelstr. 4.
— Prof. Dr. P. Volkmann in Königsberg i. Pr.
— Dr. R. Wachsmuth, Charlottenburg, Marchstrasse 25.
— Dr. E. Wagner in Breslau.
— Prof. Dr. A. Wangerin in Halle a. S., Burgstrasse 27.
— Prof. Dr. E. Warburg, NW., Neue Wilhelmstrasse 16.
— Dr. C. L. Weber, SW., Yorkstr. 9.
— Prof. Dr. H. F. Weber in Zürich.
— Prof. Dr. L. Weber in Kiel.
— Prof. Dr. W. Wedding, W., Kurfürstenstrasse 111.
— Prof. Dr. K. Weierstrass, W., Friedrich Wilhelmstrasse 14.
— Prof. Dr. J. Weingarten, W., Regentenstrasse 14.
— Prof. Dr. B. Weinstein, S., Urbanstrasse 1.
— Dr. C. Weltzien in Zehlendorf.
— Dr. K. Wesendonck, W., Wilhelmstrasse 66.
— F. Wiebe, Charlottenburg, Leibnitzstrasse 78a.
— Dr. E. Wiechert in Königsberg i. Pr.
— Prof. Dr. G. Wiedemann in Leipzig, Thalstrasse 35.
— Prof. Dr. E. Wiedemann in Erlangen.
— Dr. M. Wien in Würzburg.
— Dr. W. Wien in Westend bei Berlin, Rüsternallee 8.
— Prof. Dr. O. Wiener in Giessen.
— Prof. Dr. J. Wilsing in Potsdam, Astrophysikal. Observatorium.
— Dr. W. Wolff in Charlottenburg, Uhlandstrasse 188.
— Prof. Dr. A. Wüllner in Aachen.
— R. Wurtzel, NW., Luisenstrasse 62.
— Prof. Dr. W. v. Zahn in Leipzig.

Verhandlungen

der

Physikalischen Gesellschaft zu Berlin

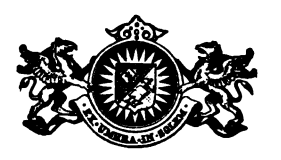
im Jahre 1896.

Fünfzehnter Jahrgang.

Herausgegeben

von

Arthur König.



Leipzig, 1896.

Verlag von Johann Ambrosius Barth.

(Arthur Meiner.)

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Inhaltsverzeichniss *).

*) An den durch die fettgedruckten Seitenzahlen bezeichneten Stellen finden sich ausführlichere Mittheilungen über die betreffenden Gegenstände.

VERHANDLUNGEN

DER

PHYSIKALISCHEN GESELLSCHAFT

ZU BERLIN.

XV. JAHRGANG № 1.

BERICHT

ÜBER DIE

FEIER DES 50JÄHRIGEN BESTEHENS

AM 4. JANUAR 1896.

MIT EINER HELIOGRAVURE.



LEIPZIG, 1896.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.
(ARTHUR MEINER.)

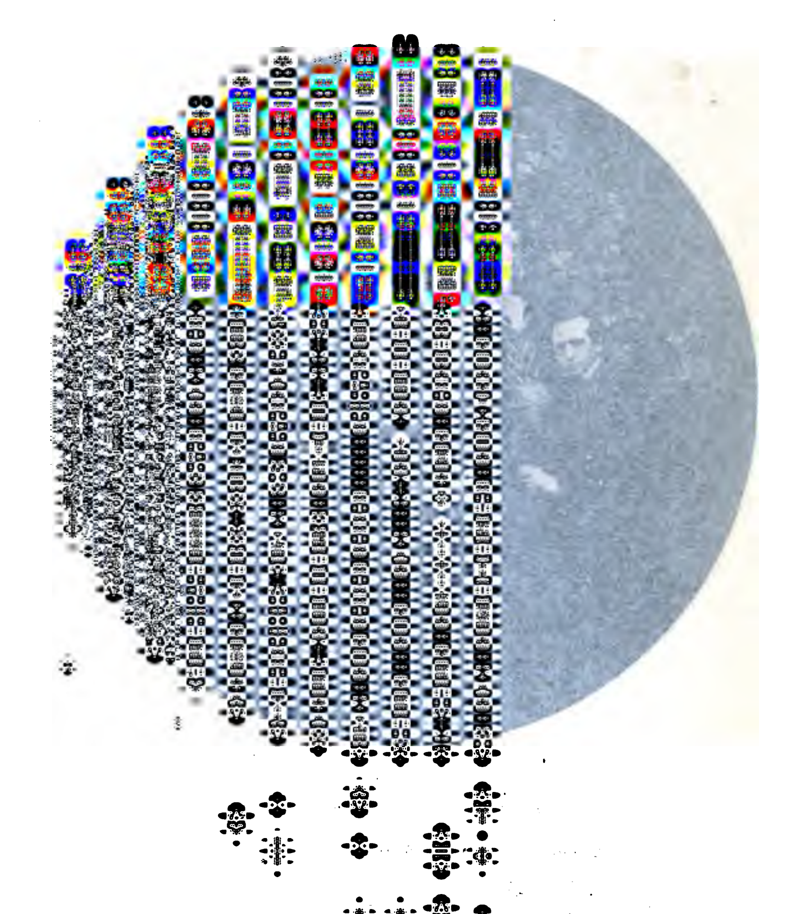
Die dieser Nummer beiliegende

Heliogravure

ist, auf ein gröfseres Format (29 : 43 cm) gedruckt, auch

einzeln

zu beziehen. (Preis M. 1.50.)





ZUM

50JÄHRIGEN BESTEHEN

DER

PHYSIKALISCHEN GESELLSCHAFT

ZU BERLIN

GEWIDMET

VON DER

VERLAGSBUCHHANDLUNG

JOHANN AMBROSIUS BARTH

IN LEIPZIG

ahrg. 15.

Phy

ine Zeitsc
ziehen du

d

I
sowie
aus

bun
Inst

„B

S

Jahrg. 15. **Nr. 1.**

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

Feier des fünfzigjährigen Stiftungsfestes der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin

am 4. Januar 1896.

Die Feier, zu der eine grosse Anzahl von Ehrengästen, sowie die Damen der Mitglieder eingeladen waren, bestand aus drei Theilen, nämlich

1. einer um 5 Uhr beginnenden, mit Demonstrationen verbundenen Sitzung im grossen Hörsaale des Physikalischen Instituts der Universität, an welche sich
2. ein Rundgang durch das Institut anschloss, und
3. einem um 8 Uhr beginnenden Festessen im Hotel „Reichshof".

1.

Sitzung im grossen Hörsaal des Physikalischen Instituts.

Unter dem Ehrenvorsitz des Hrn. **E. du Bois-Reymond** begrüsste Hr. **W. v. Bezold** die Anwesenden und ertheilte das Wort Hrn. **E. Warburg,** der zur vorläufigen Orientirung einen Ueberblick über die vorbereiteten Demonstrationen gab.

Hr. **E. Warburg** führte dann einige der Hertz'schen Spiegelversuche nach der Methode von Zehnder mit einem Hochspannungsaccumulator von 1080 Elementen in dem durch zwei Bogenlampen erleuchteten Saal vor. Es wurde, während die Axen der Spiegel zusammenfielen, die Durchlässigkeit des Holzes, die Undurchlässigkeit des menschlichen Körpers für die Strahlen gezeigt und der Gitterversuch ausgeführt. Endlich wurde, während die Axen der Spiegel einen Winkel von

90° mit einander bildeten, die Reflexion der Strahlen durch das Gitter gezeigt, wenn die Gitterdrähte der Schwingungsrichtung parallel waren.

Hr. E. **Orlich** zeigte darauf

„einige Versuche mit Wechselströmen“.

Diese Versuche sind zuerst von Elihu Thomson[1]) in grossartigstem Maassstabe ausgeführt worden und alsdann von V. v. Lang[2]) in eine Form gebracht, welche gestattet, dieselben mit geringeren Hülfsmitteln auszuführen. Die vorgeführten Versuche waren den Angaben V. v. Lang's nachgebildet.

In eine auf eine hölzerne Rolle gewickelte Spule von 9 cm Höhe und 13 cm Durchmesser war ein aus einem Eisendrahtbündel bestehender Kern von 5,3 cm Durchmesser gesteckt, welcher auf der einen Seite der Spule um 26 cm herausragte. In diese Spule wurde der Strom einer Wechselstrommaschine geschickt; die Wechselzahl betrug etwa 200, wie durch den Ton gezeigt wurde, der entsteht, wenn man auf den Eisenkern eine dünne Eisenplatte legt.

Die Inductionswirkungen einer solchen Spule sind ausserordentlich stark. Schiebt man eine durch eine kleine Glühlampe geschlossene Spule von wenigen Windungen über den Eisenkern, so geräth die Lampe in hellstes Glühen. Ein einfacher dicker Kupferring über das Drahtbündel geschoben, wird in wenigen Secunden so heiss, dass man leicht brennbare Körper daran entzünden kann.

Durch die Abmessungen der Spule und des Kerns ist es nun erreicht, dass der inducirte Strom gegen den inducirenden in seiner Phase um 180° verschoben ist. Derartige Ströme stossen aber einander ab. Diese Kräfte kann man sichtbar machen, indem man Metallringe um den Eisenkern legt.

Ein Kupferring, 470 g schwer, wird in einer Höhe von 10—15 cm über seiner Ruhelage frei schwebend erhalten.

---

1) E. Thomson, „Was ist Electricität?“ Uebersetzt von Discher. Leipzig und Wien 1890.

2) V. v. Lang, Sitzungsber. der Akad. der Wissensch. in Wien, math.-nat. Cl. Bd. CII. Abth. II. 4. Mai 1893.

Leichtere Ringe aus Kupfer oder Aluminium werden beim plötzlichen Stromschluss ca. 3 m hoch in die Luft geschleudert.

V. v. Lang hat noch einige andere derartige Experimente beschrieben, auf deren Vorführung jedoch verzichtet wurde.

Hr. **L. Arons** zeigte zunächst die bekannte Erscheinung, dass ein electrischer Lichtbogen zwischen Metallelectroden ebenso gut zu erzeugen ist, wie zwischen Kohlenelectroden, solange man mit Gleichstrom arbeitet. Wird dagegen als Stromquelle die Wechselstrommaschine benutzt, welche eine mittlere Spannung von etwa 200 Volt liefert, so entsteht zwar zwischen Kohlenelectroden ein prächtiger Lichtbogen, beim Auseinanderziehen der vorher in Contact befindlichen Silberelectroden aber entsteht nur ein kleiner Funke, ohne dass ein weiterer Electricitätsübergang eingeleitet wird. Die gleiche Erscheinung beobachtet man bei allen untersuchten Metallen (Ag, Al, Au, Cu, Fe, Messing und Nickelin). Ein früherer Beobachter, Zuchristian[1]) in Innsbruck, hat gelegentlich seiner Versuche mit Fe und Messingelectrode darauf hingewiesen, dass wohl die grössere Wärmeleitungsfähigkeit der Metalle gegenüber der Kohle diese Erscheinung erkläre — die Kohlenelectroden überdauern die Zeit der Stromlosigkeit mit geringerem Temperaturverlust. Der Vortragende hob hervor, dass eingehendere Versuche[2]) ihn veranlassten, weitere Ursachen zur Erklärung heranzuziehen. Er wies darauf hin, dass das besondere Verhalten von Metallelectroden gegenüber Wechselströmen schon vor der Beobachtung im Laboratorium seitens eines amerikanischen Technikers[3]) zum Schutz von Wechselstromstarkstromleitungen gegen Blitzschlag verwendet worden ist.

Hr. **A. König** demonstrirte

die Zersetzung des Sehpurpurs durch das Licht.

In einer 2 cm langen, 1 cm im Durchmesser enthaltenden Glasröhre, die an den Enden durch aufgekittete plane Glas-

1) Zuchristian, Wien. Ber. **102.** p. 567—576. 1893.

2) Arons, Wied. Ann. **57.** p. 185. 1896.

3) Wurts, Transact. of the American Institute of Electrical Engineers **9.** p. 102. 1892.

plättchen geschlossen war, befand sich concentrirte Sehpurpurlösung.

Dieses Gefäss war so aufgestellt, dass seine Axe mit der Axe des von einer Zirkonlampe ausgesandten Lichtbündels zusammenfiel; von seinem Querschnitt wurde durch eine Projectionslinse ein scharfes Bild auf einem Schirm entworfen. Er erschien im ersten Augenblick nach der Wegnahme der die Zirkonlampe anfänglich abblendenden Kappe als grosse purpurroth gefärbte Kreisfläche. Im Verlauf von etwa einer halben Minute verblasste aber dieses Purpur zu einem beinahe farblosen Gelb, welches von der geringen in der Lösung stets enthaltenen Blutbeimischung herrührt und daher auch durch weitere, noch so lange und intensive Belichtung nicht beseitigt werden kann.

Der Vortragende erwähnte zum Schlusse kurz die beiden von ihm und Hrn. J. v. Kries über die Bedeutung des Sehpurpurs für das Sehen aufgestellten Theorien. Nach der Ansicht des Vortragenden, welche noch die Zustimmung von v. Helmholtz gefunden hat, ist die Zersetzung des Sehpurpurs die Ursache der Blauempfindung, während nach der Theorie des Hrn. v. Kries die Grauempfindung damit verbunden ist.

Hr. **H. W. Vogel** demonstrirte seine bereits in der Physikalischen Gesellschaft gezeigten[1]) Farbenwahrnehmungen durch Versuche. Als neu sind die Versuche mit Spectralfarben zu erwähnen, die wegen der beschränkten Zeit nur theilweise durchgeführt werden konnten. Es wurde gezeigt, dass der volle Farbeneindruck des objectiven Spectrums der electrischen Lampe nur dadurch zu Stande komme, dass alle Farben gleichzeitig erschienen und die eine Farbe die Wirksamkeit der andern durch den fühlbaren Contrast erhöhe. Schneidet man aber durch passend eingeschaltete enge Schlitze alle Farben bis auf eine, z. B. Blau oder Grün, ab, so erscheinen diese blässer, mehr grau. Sofort aber erscheint das Blau feuriger, gesättigter, wenn man die gelben Strahlen einer Natronflamme passender Lichtstärke auffallen lässt. In gleicher Weise bekommt spectrales, für sich mehr Grau erscheinendes Grün

1) Vgl. Verhandlungen der Physikal. Gesellsch. Jahrg. VII. p. 56; Jahrg. XIII. p. 97; Wied. Ann. **54.** p. 745. 1895.

erst durch Zutritt von rothem Licht seine volle Wirkung als Grün.

Noch am besten in seiner Eigenfarbe erscheint isolirtes Spectralroth. Die übrigen Versuche zeigten die Wirkung möglichst rein rothen, gelben und blauen Lichtes auf eine Farbentafel, wobei im ersten Falle die rothen, im zweiten die gelben, im dritten die blauen Felder als fast weiss oder grau erscheinen und der Eindruck Roth der rothen Felder bei rothem Licht erst durch den Zutritt grüner, der Eindruck Gelb bei gelbem Licht durch den Zutritt blauer und der Eindruck Blau bei blauem Licht durch den Zutritt gelber Strahlen geweckt wird. Ferner wurde gezeigt, dass durch Zutritt rother Strahlen zu blauer Beleuchtung sowohl die rothen als auch die gelben Felder gelb erscheinen, obgleich gar kein gelbes Licht vorhanden ist.

Sehr wichtig ist hierbei das richtige Verhältniss der Helligkeit der farbigen Lichter; sodass einige Experimente durch den zu geringen Gasdruck etwas beeinträchtigt wurden.

Schliesslich wurde demonstrirt, dass spritlösliches Anilinblau und Kupferoxydammon in Lösung so abgestimmt werden können, dass sie am Tage sich gar nicht unterscheiden, legt man aber auf Flaschen mit gedachten Lösungen eine Flasche mit „Säuregelb“ [1]), so erscheint die Kupferoxydammonflasche in der Durchsicht deutlich grün, die Anilinblauflasche dagegen deutlich roth.

Nunmehr ergriff Hr. **Cl. du Bois-Reymond** das Wort:

Fern, ferne von hier, fast am Ende der Welt,
Ist ein hohler Spiegel aufgestellt.
Da er fünfundzwanzig Lichtjahr weit,
Erscheinet darin die Vergangenheit.

Und wer im Fernrohr den Ort gefunden,
Kann Dinge schauen, die lange verschwunden.
Was vor fünfzig Jahren ward vorgenommen,
Ist im Bild jetzt eben zurückgekommen. —

In diesem Augenblick erschien in fast lebensgrosser Projection vor den Augen der erstaunten Versammlung das Bild,

1) Actiengesellschaft für Anilinfabrikation Berlin.

welches in Heliogravüre diesem Festbericht vorgesetzt ist und die Stifter der Gesellschaft darstellt.

Schaut hin nach Berlin in die Strasse der Kronen,
Dort soll ein Herr Doctor KARSTEN wohnen —
Eine Weinlaubwand liegt im Sonnenschein,
Davor ist versammelt ein kleiner Verein,

Der treibt Physik und experimentirt, —
Im Wunderspiegel ist's photographirt.
In's Jahr der Stiftung blicket ihr heute:
Wer kennt sie — diese jungen Leute!

Das Original zu dieser Projection bestand in einem Daguerrotyp, welches einer der Dargestellten Hr. G. KARSTEN selbst am 14. Juni 1845 im Garten des Hauses Kronenstrasse 39 aufgenommen hat. Die lange Expositionsdauer für solche Daguerrotypen ermöglichte es Hrn. KARSTEN, seinen Platz in der Gruppe nach Oeffnung der Camera schnell einzunehmen und ihn kurz vor dem Schliessen der Camera zu verlassen. Auf dem Bilde ist ersichtlich, wie er mit der Uhr in der Hand die Exposition überwacht.

Die Sitzung wurde geschlossen mit folgender Ansprache des Hrn. **Raoul Pictet:**

Mesdames, Messieurs,

C'est en ma qualité de membre de la Société de Physique de Genève, une des doyennes des sociétés savantes de l'Europe, que j'ai l'honneur de vous apporter les voeux de prospérité que vous envoient vos amis suisses. En vous transmettant nos salutations bien sympathiques, nous sommes heureux et fiers de constater et de rappeler les origines de nos deux sociétés et leur influence dans le monde intellectuel.

C'est pendant une des époques les plus troublées de la vie politique du notre petit pays que, sous les auspices des DE CANDOLLE, MARC AUGUSTE PICTET, DE LA RIVE, PRÉVOST, DE SAUSSURE, MARCET etc. etc., quelques citoyens gènevois se groupèrent pour suivre plus particulièrement les progrès des Sciences naturelles, se communiquer leurs lectures, leurs réflexions et serrer par les liens intellectuels les liens du coeur et de la vraie amitié; le patriotisme profond de mes compatriotes souffrait trop des événements pour ne pas chercher à le re-

tremper dans les entretiens intimes, si féconds en résultats de toutes natures.

Notre société a vu naître ainsi dans son sein la grande vague intellectuelle qui a décidé du mouvement scientifique du XIXe siècle. AMPÈRE y a débuté ainsi que DUMAS; la thermodynamique est née des réflexions faites à cette époque par PRÉVOST et vivifiées par M. A. PICTET. La correspondance active des professeurs de Genève avec tous les hommes les plus illustres de l'Europe ont fait de la Société de Physique de la cité de CALVIN un centre important, contrastant singulièrement avec la petitesse de la ville.

Or, Mesdames, Messieurs, dans les fondateurs de votre société de Berlin nous avons, nous Suisses, le grand bonheur d'y compter un membre! La patrie suisse n'oublie pas DU BOIS-REYMOND, elle s'honore de son rôle dans la science contemporaine et Neuchâtel s'enorgueillit de le compter comme „bourgeois de sa commune".

Avec sa langue, son origine, ses goûts littéraires et scientifiques DU BOIS-REYMOND a porté également sur les bords de la Sprée les bonnes et saines traditions de son pays d'origine! Fidèle écho de ses devanciers, il a fait à Berlin ce que les autres ont fait à Genève. Il a été un des promoteurs les plus actifs de la Société de Physique. Ici dans ce grand pays d'Allemagne, quelle brillante carrière s'est ouverte devant les pionniers de la science! Leur oeuvre est immense!

Avant l'unité politique, ces hommes dévoués et fidèles aux devises d'honneur et de patrie, ont donné à leur pays l'unité intellectuelle, base solide pour l'édifice politique. Dans la domaine des sciences pures, tout ce qui porte un nom illustre en Allemagne a été lié à la Société de Physique de Berlin, nommons les DE HELMHOLTZ, KIRCHHOFF, WIEDEMANN, HERTZ et toute la pléiade de promoteurs incomparables et d'auteurs de découvertes admirables.

Dans le domaine de l'industrie c'est la transformation des grands rouages économiques due à l'initiation intelligente et capable des SIEMENS, famille faisant époque dans le monde des affaires industrielles, des HOFFMANN, des GRAEBE etc. tous apparentés à la Société de Physique et y faisant connaître leurs travaux.

Voilà donc l'oeuvre, excellente entre toutes, que les promoteurs de votre société ont eue en vue et qu'ils ont eu le bonheur de réaliser. Voilà pourquoi comme Suisse, comme Genevois, j'apporte avec reconnaissance au nom de mon pays les saluts et les souhaits de prospérité pour votre société et pour un de ses fondateurs, Mr. du Bois-Reymond. Il a été pour toute la jeune génération allemande un maître et un initiateur dans les méthodes scientifiques, il s'est fait aimer et vénérer par ses concitoyens, il a rempli la carrière la plus honorable faisant respecter sa mère patrie par les belles traditions qu'il en a consacrées.

Je réitère ici nos voeux les plus sincères adressés par la Suisse et par Genève à votre société et à son fondateur E. du Bois-Reymond.

2.

Rundgang durch das Physikalische Institut.

In den Räumen des Physikalischen Instituts waren folgende Demonstrationen veranstaltet:

Eine Reihe von Photographien, welche Hr. **Röntgen** in Würzburg vermittelst der jüngst von ihm entdeckten X-Strahlen aufgenommen hatte, war ausgestellt.[1]

Hr. **E. Aschkinass** demonstrirte

eine sehr empfindliche Methode zum Nachweis electrischer Schwingungen.

Ein Stanniolgitter, wie es zu Flächenbolometern verwendet wird, erleidet eine dauernde Verminderung seines Widerstandes, wenn es der Einwirkung elektrischer Schwingungen ausgesetzt wird.[2] Erst eine Erwärmung oder eine leichte mechanische Erschütterung stellt den Anfangswiderstand wieder her. Die Erscheinung kommt dadurch zu stande, dass der elektrische Strom, der anfangs dem Verlaufe der einzelnen Streifen folgend das Gitter in Zickzackwindungen

1) Sitzungsber. der Würzburger Phys.-med. Gesellsch. Dec. 1895.

2) E. Aschkinass, Verhandl. d. Phys. Ges. z. Berlin, Jahrg. 13, Nr. 4, p. 103, 1894.

durcheilen musste, nach der Einwirkung der Wellen im stande ist, an einer oder mehreren Stellen den Zwischenraum zweier unmittelbar benachbarten Streifen zu überschreiten.[1]) Dies beweist der folgende Versuch: Ein Stück Stanniol wird auf eine Glasplatte geklebt und mittels eines scharfen Messers seiner ganzen Länge nach durchschnitten, so dass zwei getrennte Streifen entstehen. An jedem derselben ist eine Zuleitung befestigt, das Ganze in einen Kreis eingeschaltet, der ein Element, einen Rheostaten (zur Regulirung der Stromintensität) und ein Galvanometer enthält. Zunächst erfährt die Magnetnadel natürlich keine Ablenkung, da der Strom zwischen den beiden Stanniolstreifen unterbrochen ist. Sobald aber in der Nähe ein electrischer Funke zu stande kommt, schlägt die Nadel aus und nimmt eine neue Gleichgewichtslage ein. Erwärmung oder eine leise Erschütterung bewirkt, dass die Nadel zu ihrem ursprünglichen Nullpunkt zurückkehrt.

Die Erscheinung stellt ein überaus empfindliches Reagens für electrische Schwingungen dar. Das Phänomen ist z. B. noch vollkommen deutlich zu beobachten, wenn die Stanniolstreifen sich in einer nach vielen Metern zählenden Entfernung vom Ursprung der elektrischen Strahlen befinden, und selbst eine Concentration der letzteren durch Hohlspiegel ist nicht erforderlich.

Hr. **Neesen** führte vor:

1. Zwei Röhren zur Darstellung der Luftbewegung in tönenden Pfeifen mittels Kundt'scher Staubfiguren und Schallradiometern (Wied. Ann. **30**. p. 432—452 und **32**. p. 310—313).

Bei den starken Bewegungen in der durch eine electromagnetische Stimmgabel von 100 Schwingungen erregten Pfeife zeigen sich sehr ausgesprochene wirbelnde Bewegungen.

2. Absorptions-Hygrometer (Wied. Ann. **40**. 526—529).

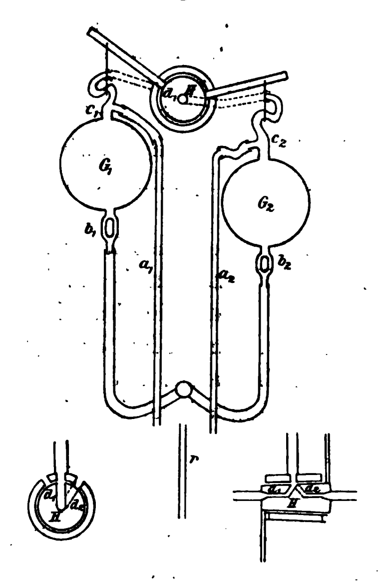
3. Apparat zur Darstellung der Drehfeldbewegungen.

Der seit vielen Jahren in der Vorlesung benutzte Apparat besteht aus einem Gramme'schen Ring, welcher durch

---

1) Es handelt sich hier also um dasselbe Phänomen, das zuerst von Branly (Compt. rend. 111, p. 785. 1890) an Metallfeilicht beobachtet wurde.

angelöthete Verbindungsdrähte wie üblich in eine grade Zahl von Abschnitten getheilt ist. Diese Drähte führen zu den einzelnen Theilstücken eines Umschalters, die neben einander in Kreisform auf einer Ebene angeordnet sind. Über diesen Umschalter ist eine aus zwei mit je einem Pol einer Batterie verbundenen Theilen bestehende Schleifbürste drehbar angebracht. Zwei metallisch mit einander verbundene Bürsten, die um die Breite eines Abschnittes des Umschalters von einander abstehen, sind in jedem Theile vorhanden, so dass bei jeder Stellung der Schleifbürsten, zwei gegenüberliegende Abschnitte des GRAMME'schen Ringes kurz geschlossen sind. Demnach entsteht bei Stromschluss in diesem Ringe eine bestimmte Polarität, deren Richtung bei Drehung der Schleifbürsten um den ganzen Ring herumläuft. Eine in der Mitte des Ringes befindliche Magnetnadel folgt diesem Drehfelde; ebenso ein mit in geschlossener Drahtumwicklung sich umwickelter Eisenring.



4. Eine Kolben- und eine Tropfen - Quecksilberluftpumpe (WIED. Ann. 55. p. 731—736. 1895; Ztschr. f. Instrumentenk. 1894, p. 125—128, und 1895, p. 273—278).

Die Tropfenpumpe hatte an Stelle des in den genannten Veröffentlichungen angegebenen Ventils eine Doppelhahnvorrichtung. An den beiden Seiten des Hahnküken H hängen zwei Gefässe G_1 und G_2. Von diesen führen zunächst biegsame Verbindungen zu Röhren a_1 und a_2 von Barometerhöhe, welche ihrerseits mit der Ablaufröhre r für das aus den Fallröhren kommende Quecksilber in Verbindung stehen, sodann zwei an die mit Glasventilen versehenen Enden b_1 und b_2 anschliessenden Verbindungen zu dem Sammelgefäss, aus welchem durch den äusseren Luftdruck das Quecksilber in die Pumpe gedrückt wird, schliesslich von den Ansätzen c_1 und c_2

aus Verbindungsstücke nach den von einander getrennten Bohrungen d_1 und d_2 des Hahnküken. Der Hahnsitz hat drei Bohrungen, von welchen die mittlere mit einer Wasserpumpe, die beiden äusseren mit der äusseren Luft verbunden sind. In der gezeichneten Stellung steht G_1 mit der Wasserpumpe, G_2 mit der äusseren Luft in Verbindung, so dass das aus den Fallröhren kommende Quecksilber nach G_1 gesaugt wird. Ist hinreichend Quecksilber übergeflossen, so zieht die Schwere desselben den Hahn herum, wodurch G_2 mit der Wasserpumpe verbunden wird, während G_1 sich mit Luft von Atmosphärendruck füllt. Daher fliesst das in G_1 befindliche Quecksilber durch c_1 nach dem Sammelgefäss zurück, das aus der Pumpe austretende Quecksilber geht nach G_2 u. s. f. Somit findet ein fortwährendes Absaugen des Quecksilbers statt, was von Nutzen ist, wenn die zufliessende Menge des Quecksilbers durch Vermehrung der Zahl der Fallröhren oder Vergrösserung der Ausflussöffnungen vergrössert wird.

Hr. **H. Rubens** demonstrirte:

1. das von ihm construirte Vibrationsgalvanometer mit objectiver Darstellung[1]);
2. Aufstellung und Astasirung eines empfindlichen Spiegelgalvanometers.

Zur Vermeidung der äusseren Erschütterungen war das Instrument nach Angabe des Hrn. W. H. Julius an drei 2 m langen Kupferdrähten von 1 mm Dicke aufgehängt. Um den Einfluss der Luftströmungen zu beseitigen, war das Galvanometer von einem mit Glasfenstern versehenen Holzkasten umschlossen, durch dessen Deckel die drei Aufhängedrähte frei hindurchgeführt waren. Um auch die magnetischen Störungen zu eliminiren, wurde ein Astasirungsring aus weichem Eisen angewandt, welcher gleichfalls an drei Drähten aufgehängt war. Durch Verlängerung oder Verkürzung dieser Drähte kann die Höhe des Eisenrings derart variirt werden, dass er sich dem schwächeren der beiden Magnete der asta-

1) H. Rubens, Vibrationsgalvanometer, Wied. Ann. 56. p. 27. 1895.

tischen Nadel näher befindet und in Folge dessen die Einwirkung äusserer Störungen bis auf einen sehr geringen Bruchtheil (ungefähr $^1/_{50}$) beseitigt. Eine ähnliche Einrichtung besitzt das von den Hrn. du Bois und Rubens in der elektrotechnischen Zeitschrift 1893 beschriebene zweispulige Galvanometer.

Ferner waren eine Anzahl französischer und englischer d'Arsonval-Galvanometer, welche Eigenthum der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt sind, zur Ansicht ausgestellt.

Hr. **L. Arons** zeigte die von ihm construirte Quecksilberbogenlampe, welche er bereits im Jahre 1892 in einer Sitzung der Physikalischen Gesellschaft vorgeführt hatte. Das eigenartige Licht, welches nur das einfache Quecksilberspectrum zeigt, wurde in seiner Wirkung auf verschiedenfarbige Papiersorten mit gewöhnlichem Gaslicht verglichen.

Hr. **H. du Bois** hatte ausgestellt

1. Optische Bank für allgemeine Zwecke der Forschung.

Mit Zubehör an verschiedenen Lichtquellen und photometrischen, katoptrischen, dioptrischen und Polarisationsvorrichtungen.

2. Magnetische Waage[1]) in Betrieb mit transportablem Accumulator und „Kohlenrheostat“; von der Reichsanstalt geaicht.

Mit verschiedenen magnetischen Curven.

3. d'Arsonval-Galvanometer nach Ayrton und Mather[2]); vom Mechaniker Paul in London construirt.

4. Polschuhe sammt „Isthmus“, mittels derer von Dr. E. T. Jones[3]) eine Induction von 75 000 C. G. S.-Einheiten erhalten wurde; Querschnittsverhältniss 1 : 170 000.

---

1) du Bois, Zeitschr. f. Instrumentenk. 12. p. 404. 1892.

2) Ayrton u. Mather, „Electr. Engineer“. 9. p. 618. Juni 1892 und October 1894.

3) E. T. Jones, Verh. d. physik. Gesellsch. zu Berlin 28. Juni 1895 und Wied. Ann. 57. p. 258. 1896.

5. Unmagnetische Präcisionstaschenuhr, auch für Laboratoriumszwecke, vom Hofuhrmacher SCHLESICKY in Frankfurt a. M. Mit Gangzeugniss des Observatoriums in Kiew.

Hr. **W. von Uljanin** demonstrirte:

einen von ihm nach Art des FOUCAULT'schen Prismas construirten Polarisator für ultrarothe Strahlen aus krystallinischem Schwefel.

Derselbe war, um seine Axe drehbar, vor dem Spalte eines Spectrobolometers aufgestellt. Das einfallende Licht eines Zirkonbrenners war durch Reflexion an einer schwarzen Glasplatte vollständig polarisirt. Das Bolometerrohr war auf die Wellenlänge 3,5 μ eingestellt. Beim Drehen aus der einen in die andere Hauptlage verursachte der Polarisator abwechselndes Verschwinden und Wiederauftreten des Galvanometerausschlages. Das Schleifen und Poliren der Schwefelkrystalle besorgte in vorzüglicher Weise Hr. B. HALLE in Steglitz.

Hr. **O. Frölich** zeigte an einem Modell die Vorkehrungen, welche zum Schutze physikalischer Institute gegen die magnetischen Einwirkungen electrischer Strassenbahnen getroffen werden können.

Hr. **H. Aron** hatte drei von ihm construirte Electricitätszähler ausgestellt.

Hr. **E. Goldstein** zeigte verschiedene Wirkungen der Kathodenstrahlen.

Hr. **F. v. Hefner-Alteneck** demonstrirte sein Variationsbarometer. [1])

Hr. **E. Nichols** hatte Quarzfäden und Radiometer ausgestellt.

---

1) F. v. HEFNER-ALTENECK, Apparat zur Beobachtung und Demonstration kleinster Luftdruckschwankungen. Verh. d. phys. Ges. zu Berlin vom 13. Dec. 1895.

Hr. **Bergmann** zeigte einen Apparat zur Demonstration von Sinusschwingungen.

Hr. **E. Gumlich** hatte den von ihm zur Bestimmung der Planparallelität dicker Quarzplatten vermittelst homogenen Lichtes benutzten Apparat aufgestellt.

Hr. **W. Wien** stellte das von ihm construirte Pyrometer aus.

Hr. **F. Kurlbaum** demonstrirte an vollständig aufgebauten Apparaten die ganze Versuchsanordnung, welche er, gemeinsam mit Hrn. O Lummer, zu absoluten Strahlungsmessungen verwendet.

Zum Schlusse des Rundganges begaben sich die Anwesenden in das Treppenhaus des physikalischen Instituts, wo unter der Leitung der Hrn. **R. Assmann, R. Börnstein** und **Berson** ein Ballonkorb mit der vollen wissenschaftlichen Ausrüstung ausgestellt worden, wie sie bei den 48 mit Unterstützung Seiner Majestät des Kaisers in den Jahren 1893 und 1894 ausgeführten wissenschaftlichen Luftfahrten des „Deutschen Vereines zur Förderung der Luftschifffahrt in Berlin" verwendet worden war.

Das Instrumentarium umfasst zunächst ein Quecksilberbarometer mit reducirter Scala, ein Aneroïdbarometer und einen Aneroïdbarographen. Letzterer zeigte das Original der Barographencurve, welche bei Gelegenheit der höchsten Luftfahrt, welche bisher ausgeführt worden ist, zur Aufzeichnung gekommen war: am 4. December 1894 erreichte Hr. Berson vom Königl. Meteorologischen Institut die Höhe von 9150 m, wobei der Luftdruck bis auf 231 mm und die Lufttemperatur auf $-47{,}9^{0}$ sank. Für die Beobachtungen der Temperatur und Feuchtigkeit der Luft diente ein dreifaches von Assmann construirtes Aspirationspsychrometer, welches, um die Einflüsse der strah-

lungserwärmten Korbwand, sowie der Körpertemperatur der Korbinsassen auszuschliessen, an einem 1,6 m vom Korbe abstehenden Galgen befestigt ist und dort mittelst eines Ablesefernrohres beobachtet wird. Für Nachtfahrten, deren ebenfalls eine grössere Anzahl zur Ausführung gelangt sind, war eine Glühlampe in einem Reflector vor den Thermometerscalen angebracht; ein kleiner Accumulator, welcher im Korbe befestigt war, speiste dieselbe. Ein Schwarzkugelthermometer zur Messung der Sonnenstrahlungsintensität war an einer der Korbleinen befestigt, desgleichen eine photographische Camera nach ANSCHÜTZ, mit welcher zahlreiche hochinteressante Aufnahmen von Wolken und anderen Objecten ausgeführt worden sind. An einer Seite des Korbrandes waren ferner die Vorrichtungen zum Messen des electrischen Potentialgefälles angebracht, welche Hr. R. BÖRNSTEIN und Hr. O. BASCHIN bei mehreren Fahrten benutzt und der erstere in diesen Verhandlungen **13**, 35—46, 1894 beschrieben hat; dieselben bestehen aus zwei ausserhalb des Korbes isolirt angebrachten Blechtrichtern mit je einer herabhängenden Schnur, von deren unteren Enden in 10 und 12 m Abstand unter dem Korbe Wasser abfloss. Diese beiden „Wassercollectoren“ waren mit dem Knopf resp. Gehäuse des auf einer kleinen Console isolirt angebrachten EXNER'schen Electroskops verbunden, an welchem während der Fahrten das atmosphärische Potentialgefälle gemessen wurde. Diese Apparate wurden durch Hrn. BÖRNSTEIN persönlich erläutert, während sich Hr. BERSON, der „höchste Mensch“, bei der Erklärung der übrigen, von ihm selbst bei 38 Ballonfahrten erprobten Instrumente betheiligte. Für die eigentlichen Hochfahrten über 6000 m Höhe wurde stets eine Flasche comprimirten Sauerstoffgases mitgeführt, dessen fortgesetztes Einathmen allein die Gefahren und Beschwerden der gewaltigen Luftdruckverminderung zu ertragen ermöglichte.

Ferner wurde der Registrirapparat des Freiballons „Cirrus“ vorgeführt, welcher bei 6 bisher ausgeführten Aufstiegen Höhen von 12,000 bis 20,000 m erreicht und Temperaturen bis zu -68^{0} auf photographischem Wege aufgezeichnet hat. Obwohl der Ballon Fahrten nach Bosnien, Russland, Dänemark ausgeführt hat, ist er doch stets ohne wesentliche Beschädigungen zurückgekommen.

Einige weitere von Hr. ASSMANN construirte Registrirapparate für Luftdruck, Temperatur und Feuchtigkeit der Luft, welche an dem Vereinsfesselballon „Meteor“ bei 24 Aufstiegen functionirt haben, kamen ferner zur Demonstration. Einer derselben wurde bei einer Fahrt des Ballons „Phönix“ an einer 500 m langen Leine unterhalb des Korbes mitgeführt und lieferte drei mit der Ballonbahn gleichlaufende und äquidistante, sehr interessante Querschnittsbilder über Druck, Temperatur und Feuchtigkeit der Luft unter den wechselnden Verhältnissen der Bewölkung. Schliesslich wurde noch ein Ballonthermograph ausgestellt, welcher indess trotz wiederholter Umänderungen nicht zu einem einwandsfreien Functioniren unter der immensen Strahlungsintensität der höheren Atmosphärenschichten gebracht werden konnte. Sämmtliche Apparate für die Ermittelung der Temperatur und Feuchtigkeit der Luft waren nach dem Aspirationsprincip von ASSMANN durch R. FUESS in Steglitz construirt worden.

Nähere Beschreibungen der Instrumente, sowie der Ergebnisse einzelner mit denselben ausgeführter Luftfahrten finden sich in der „Zeitschrift für Luftschifffahrt und Physik der Atmosphäre“, herausgegeben von Prof. KREMSER (Berlin, Mayer und Müller), in den Jahrgängen 1892 bis 1895. Die ausführliche Publication über die wissenschaftlichen Ballonfahrten befindet sich in der Vorbereitung.

3.

Festmahl im Hôtel „Reichshof“.

Die Reihe der Tischreden wurde eröffnet mit folgendem Toaste des Wirkl. Geh. Oberregierungsrathes Hrn. Ministerialdirectors Dr. **P. Micke.**

Hochgeehrte Festversammlung!

Das fünfzigjährige Stiftungsfest der Physikalischen Gesellschaft, zu dessen Feier wir hier vereinigt sind, fällt in eine denkwürdige Zeit. Wir feiern zugleich die fünfundzwanzigjährige Wiederkehr jener Tage, an denen die deut-

schen Stämme in blutigem Ringen die langersehnte Einheit erkämpft haben. Fast jeder Tag erinnert uns an die glänzenden Siege, die das deutsche Heer unter seinen ruhmreichen Führern auf Frankreichs Boden erfochten, mit denen es die ganze Welt in Staunen versetzt hat. Und nur noch kurze Zeit trennt uns von dem bedeutungsvollen Tage, dem 18. Januar, an dem die Früchte dieser Siege geerntet, die heissen Wünsche und Träume unserer Jugend verwirklicht wurden, an dem König Wilhelm I. im Versailler Königsschloss, wo so manches Ueble gegen nns ersonnen worden war, umgeben von den deutschen Fürsten und den Vertretern des deutschen Volkes, die seit länger als sechzig Jahre ruhende deutsche Kaiserwürde erneuerte und für sich und sein Haus übernahm. Berechtigter Stolz hebt unsere Brust, wenn wir der Thaten gedenken, die diese Erfolge gezeitigt haben. Nun, wir verdanken sie in erster Reihe der Thatkraft und der Weisheit unseres erhabenen Herrscherhauses. Die Hohenzollernfürsten haben nicht nur verstanden, das Schwert zu führen, wenn es galt, Ehre und Gut zu vertheidigen und zu behaupten, sie haben auch in weiser Selbstbeherrschung auf kriegerischen Ruhm zu verzichten gewusst, wenn sie dem Lande die Segnungen des Friedens erhalten konnten. Von diesem Geiste sind auch die erhabenen Worte beseelt, die unser unvergesslicher grosser Kaiser Wilhelm I. am 18. Januar 1871 an das deutsche Volk richtete, als er, dem einstimmigen Rufe der deutschen Fürsten und Freien Städte und dem innersten Wunsche des deutschen Volkes folgend, die deutsche Kaiserkrone auf sein ehrwürdiges Haupt setzte. Er wollte sein: allzeit Mehrer des Reichs, nicht an kriegerischen Eroberungen, sondern an den Gütern und Gaben des Friedens auf dem Gebiete nationaler Wohlfahrt, Freiheit und Gesittung.

Diesen Worten sind auch die Thaten gefolgt. Was der grosse Kaiser in nahezu zwanzigjähriger Friedensarbeit für das Wohl des neuen deutschen Reichs begonnen, das hat der Enkel nach dem tragischen Hingange des Sohnes, des siegreichen, ruhmgekrönten Feldherrn mit Kraft und Ausdauer fortgeführt. Gleich seinen erhabenen Vorfahren, stets darauf bedacht, auch die idealen Güter des Volkes zu fördern und zu mehren, hat unser kaiserlicher Herr die Pflege von

Kunst und Wissenschaft sich besonders angelegen sein lassen. Unter seinem mächtigen Schutz und Schirm erfreut sich das geistige Leben des deutschen Volkes ungestört fortschreitender, gedeihlicher Entwickelung. Selbst mit seltenen Gaben des Geistes und des Herzens ausgestattet und durchdrungen von unerschütterlicher Pflichttreue, ist unser Kaiser ein leuchtendes Vorbild für ernstes Streben und thatkräftiges Schaffen. Und eine Stätte solchen Strebens und Schaffens ist die Physikalische Gesellschaft stets gewesen. Auch ihr war vergönnt, die fünfundzwanzig Friedensjahre fruchtbringend zu nutzen und die Güter des Friedens auf wichtigen Gebieten der Wissenschaft zu mehren. Angesehen und geachtet in der ganzen wissenschaftlichen Welt, hat sie, Dank der Mitarbeit ausgezeichneter Männer, die sie zu den ihrigen zählen durfte, und noch zählen darf, ihren Wirkungskreis weit über die Grenzen des deutschen Reichs ausgedehnt. In reichem Maasse hat auch sie sich des mächtigen Schutzes und der warmen Fürsorge von Allerhöchster Stelle zu erfreuen gehabt. Unser kaiserlicher Herr hat auch des heutigen Tages gedacht und der Gesellschaft durch Verleihung von Gnadenbezeigungen an hochverdiente Mitglieder ein sichtbares Zeichen seiner Huld gegeben. Es haben erhalten: unser Ehrenpräsident Hr. Geheimer Obermedicinalrath Prof. Dr. du Bois-Reymond den Stern zum rothen Adlerorden zweiter Klasse, und unser erster Vorsitzender, Hr. Geheimer Regierungsrath Prof. Dr. von Bezold den Kronenorden zweiter Klasse, während unserem Mitglied, Hrn. Privatdocenten Dr. Rubens der Professortitel beigelegt worden ist. Wir erkennen hieraus mit ehrfurchtsvollem Danke, welch' warmes Interesse unser kaiserlicher Herr den Bestrebungen der Physikalischen Gesellschaft entgegenbringt. Ihm sei daher bei unserem Jubelfeste das erste Glas geweiht!

Seine Majestät der deutsche Kaiser, König von Preussen, Wilhelm II., unser allergnädigster Herr, er lebe hoch, und nochmals hoch und abermals hoch!

Darauf nahm Hr. **W. v. Bezold** das Wort zu der eigentlichen Festrede:

Hochgeehrte Anwesende!

Als vor längerer Zeit die ersten Vorbereitungen für die heutige Feier getroffen wurden, da hatte unser hochverehrter Hr. Ehrenpräsident, Geheimrath du Bois-Reymond die Zusage ertheilt, von dieser Stelle aus ein Bild zu entwerfen von der Gründung und weiteren Entwickelung unserer Gesellschaft, zu deren Stiftern er gehört und um deren Gedeihen er sich seit einem halben Jahrhundert so grosse Verdienste erworben hat.

Unerwartete Erkrankung, die jedoch, wie wir uns vor einer Stunde zu unserer Freude überzeugen konnten, grösstentheils wieder gehoben ist, machte es ihm unmöglich, sein Versprechen einzulösen.

Auch Hr. Geheimrath Wiedemann, der ebenfalls seit fünfzig Jahren Mitglied der Gesellschaft ist und ihre glänzendste Zeit miterlebt hat, und der sich auf unsere Bitte in liebenswürdigster Weise bereit erklärt hatte, an Stelle des Herrn Ehrenpräsidenten zu sprechen, musste auf ärztlichen Rath von seinem Vorhaben abstehen.

So verblieb mir als dem geschäftsführenden Vorsitzenden die ehrenvolle aber schwierige Aufgabe, die Lücke auszufüllen.

Ich thue dies nicht frei von dem drückenden Gefühle, wie unvergleichlich mehr die beiden vorgenannten Herren Ihnen hätten bieten können, und wie matt und farblos sich meine Worte ausnehmen müssen gegen Schilderungen, die unmittelbar aus der lebendigen Erinnerung geschöpft sind.

Indem ich deshalb von vornherein um Nachsicht bitte, gebe ich mich zugleich der Hoffnung hin, dass Hr. Wiedemann, dessen Unwohlsein glücklicherweise ganz leichter Art war, so dass wir ihn hier unter uns zu sehen das Vergnügen haben, später doch noch einiges aus der ersten Zeit der Gesellschaft erzählen werde. —

Bald 51 Jahre sind verflossen, seitdem die Physikalische Gesellschaft zu Berlin ins Leben gerufen wurde, und wenn wir erst heute die Feier des fünfzigjährigen Bestehens be-

gehen, so geschah dies nur, weil schwere, unersetzliche Verluste, von welchen die Gesellschaft in ihrem fünfzigsten Jahre betroffen wurde, es unmöglich erscheinen liessen, zu dem eigentlich gebotenen Zeitpunkte das Fest zu feiern.

Beinahe alle hervorragenden Vertreter der Physik und theilweise auch der nahverwandten Physiologie, deren sich Deutschland seit dem Bestehen der Gesellschaft rühmen darf, haben ihr angehört und an ihren Arbeiten thätigen Antheil genommen, und wenn man die Listen der Mitglieder durchblättert, so findet man darunter Namen, deren Glanz nie erblassen wird, Männer, deren Forschen und Schaffen auf die gesammte Culturentwickelung einschneidenden Einfluss geäussert hat, Geister, die wesentlich dazu beigetragen haben, unserer Zeit ihren eigenartigen Stempel aufzudrücken.

Es möge mir deshalb gestattet sein, die Entstehung und die Geschichte der Gesellschaft wenigstens in einigen kurzen Zügen zu schildern:

Den Ausgangspunkt bildete ein Colloquium, welches Professor MAGNUS im Jahre 1843 eingerichtet hatte, und zu welchem er regelmässig einen Kreis jüngerer Physiker um sich versammelte, um die neuesten physikalischen Untersuchungen mit ihnen zu besprechen.

Dies brachte einige jüngere Gelehrte in nähere Berührung miteinander, sie setzten die im Colloquium begonnenen Besprechungen in einem Theeabend fort, den sie der Reihe nach in ihren Wohnungen abhielten.

Hierbei reifte der Plan, den kleinen Kreis, welchem ursprünglich nur die Herren KARSTEN, BEETZ, KNOBLAUCH, DU BOIS-REYMOND, HEINTZ und BRÜCKE [1]) angehörten, zu einer festorganisirten wissenschaftlichen Gesellschaft zu erweitern.

Diese Gesellschaft sollte regelmässige Sitzungen abhalten, in welchen die Mitglieder sowohl über ihre eigenen, als auch über fremde neue Forschungen zu berichten hätten, während ein alljährlich herauszugebendes Werk eine möglichst vollständige Uebersicht bringen sollte über alle in dem vorher-

1) Die Namen sind hier in derselben Reihenfolge aufgeführt, in welcher sie sich in dem ersten Protokolle finden.

gegangenen Jahre erschienenen Veröffentlichungen physikalischen und verwandten Inhalts.

Dieser Gedanke nahm am 14. Januar 1845 greifbare Gestalt an, indem die oben genannten sechs Herren im Lesezimmer des damaligen Kadettenhauses — Beetz war Lehrer an dieser Anstalt — zu einer Berathung zusammentraten, in welcher Statuten entworfen und die eigentliche Constituirung der Gesellschaft beschlossen wurde.

Dieser Tag wird seitdem als der Stiftungstag der Gesellschaft betrachtet, und die Hrn Karsten, Beetz, Knoblauch, du Bois-Reymond, Heintz und Brücke sind es, die wir als Stifter verehren.

Zehn Tage später wurde in dem Hause Nr. 29 an der Französischen Strasse, das die Aufschrift trägt: „Friedrich Wilhelm den Naturforschern", die erste grössere Sitzung abgehalten, weitere Mitglieder aufgenommen, der Vorstand gewählt, und sonstige geschäftliche Angelegenheiten erledigt. Die Wahl des Vorsitzenden fiel auf Hrn. Geheimrath damals Dr. Karsten, der uns in einem Schreiben sein Bedauern ausgedrückt hat, dem heutigen Feste nicht beiwohnen zu können, gleichwie auch wir seine Abwesenheit schmerzlich empfinden.

Am 21. Februar nahmen die regelmässigen wissenschaftlichen Zusammenkünfte ihren Anfang, die seitdem bis auf den heutigen Tag alle 14 Tage am Freitag stattfinden.

Inzwischen hatte sich die Zahl der Mitglieder beträchtlich gehoben, so dass sie schon am Schlusse des ersten Jahres 53 betrug, und findet man auf der Liste bereits die Namen Dr. Helmholtz aus Potsdam und Lieutenant Siemens, sowie jenen des Hrn. Wiedemann, den wir heute hier zu sehen das Vergnügen haben.

In den nächstfolgenden Jahren traten auch noch Kirchhoff und Clausius, Virchow und C. Ludwig, Buys-Ballot in Utrecht und Lamont in München der Gesellschaft bei.

Nur die älteren Vertreter der Berliner Wissenschaft, die Herren in Amt und Würden, hielten sich vornehm bei Seite, vollkommen verkennend, dass es zur Erhaltung der eigenen Frische keinen wirksameren Jungbrunnen giebt, als den steten Verkehr mit jungen aufstrebenden Geistern.

Der blosse Klang der eben aufgezählten Namen genügt, um eine Vorstellung davon zu erwecken, welche gewaltige Summe geistiger Kraft in der Gesellschaft ihren Vereinigungspunkt gefunden hatte.

Noch lebhafter aber wird dieser Eindruck, wenn man die Liste der gehaltenen Vorträge durchsieht, oder die zusammenfassenden Artikel in den Fortschritten nachliest, unter denen sich gerade in den älteren Jahrgängen wahre Meisterwerke befinden, die, weit heraustretend aus dem Rahmen trockener Berichterstattung, einen lichtvollen Einblick gewähren in den Ideenkreis, der damals die führenden Geister beherrschte und die Forschung auf ihrem Wege leitete.

Da erkennt man erst, wie ungemein fördernd und befruchtend sich der durch die Gesellschaft bedingte Verkehr dieser grossen Männer erwies, die nicht wenige ihrer bahnbrechendsten Arbeiten zuerst in der Physikalischen Gesellschaft zum Vortrage brachten, und deren Referate in den Fortschritten nicht selten schon ahnen liessen, welche Bahnen ihre eigene Forschung einschlagen werde.

So findet man z. B. schon in den allerersten Jahren Vorträge von Brücke über den von ihm entdeckten und nach ihm benannten Muskel im Innern des Auges, der bei der Accommodation eine so bedeutende Rolle spielt, wie auch über das Leuchten der Thieraugen, und man erinnert sich sofort daran, dass wenige Jahre später die Verfolgung der letzteren Thatsache Hermann von Helmholtz zu jener folgereichen Erfindung führte, durch welche er ein Wohlthäter des Menschengeschlechts geworden ist.

Pouillet's Messung der Geschwindigkeit von Geschossen war erst vor kurzem in der Physikalischen Gesellschaft bekannt geworden, als sie einestheils Hrn. du Bois-Reymond den Gedanken eingab, mittels derselben Methode die Geschwindigkeit des Nervenprincips zu bestimmen, anderntheils von Werner Siemens durch Anwendung des electrischen Funkens zum Markiren der Zeit auf einem rotirenden Cylinder ausserordentlich vervollkommnet wurde. du Bois-Reymond's Gedanke wurde bekanntlich später von Helmholtz mit glänzendem Erfolge verwirklicht.

Doch wozu bedarf es vieler Worte, um die engen Beziehungen dieses grossen Mannes zu der Gesellschaft zu schildern; genügt es doch, daran zu erinnern, dass der 23. Juli 1847 der Tag war, an welchem der junge Militärarzt aus Potsdam in der Physikalischen Gesellschaft den Vortrag über das Princip von der Erhaltung der Kraft gehalten hat, und dass unser Herr Ehrenpräsident es war, der ihm dazu verholfen hat, dass die von Poggendorff zurückgewiesene Abhandlung von dem Verleger der Fortschritte, Hrn. G. Reimer, dessen Sohn wir heute ebenfalls unter uns sehen, in Verlag genommen wurde.

Es wäre nicht schwer, noch ganze Reihen bedeutender Vorträge aufzuzählen, in denen die hervorragendsten Gelehrten grosse und wichtige Entdeckungen das erste Mal in der Gesellschaft an die Oeffentlichkeit gebracht haben.

Ich erinnere nur an jene der Hrn. du Bois-Reymond und E. Brücke aus dem Grenzgebiete der Physik und Physiologie, oder an jene von Werner Siemens über die Anwendung der Electricität, von Knoblauch über strahlende Wärme, sowie von Hrn. Wiedemann über das elektrische und diamagnetische Verhalten der Krystalle.

Vor Allem aber dürfen wir nicht vergessen, dass auch Kirchhoff und Clausius ihre bahnbrechenden Arbeiten auf den Gebieten der Electricitäts- und Wärmelehre zuerst in der Physikalischen Gesellschaft vorgetragen haben.

Auch nachdem die Stifter und ältesten Mitglieder der Gesellschaft mit wenigen Ausnahmen Berlin verlassen hatten, um an den verschiedensten Hochschulen Lehrstühle zu übernehmen, da traten immer wieder neue frische Kräfte an die Stelle, und die Hrn. Quincke, Kundt, Paalzow und A. von Oettingen haben ebenfalls ihre ersten wichtigen Arbeiten zuerst in der Gesellschaft bekannt gemacht und ihre schönen Versuche gezeigt. Wieviel Anregung und Belehrung wir endlich den hier anwesenden Mitgliedern verdanken, steht noch zu lebhaft in unserer Erinnerung, als dass es nöthig wäre, noch besonders darauf hinzuweisen, ganz abgesehen davon, dass die kurz zugemessene Zeit ohnehin Halt gebietet.

Desgleichen erinnern wir uns mit Wärme daran, wie die Hrn. von Helmholtz, Kirchhoff und Kundt, als sie nach

langer Abwesenheit wieder nach Berlin zurückgekehrt waren, der Gesellschaft unentwegt ihre Anhänglichkeit bewahrt hatten, und ihr mit neuem Eifer ihre Kräfte widmeten, treu geschaart um unseren Herrn Ehrenpräsidenten, der seit der Stiftung derselben kaum jemals in einer Sitzung gefehlt und nie das Stiftungsfest versäumt hat und dessen Abwesenheit wir heute doppelt beklagen.

Solche Anhänglichkeit und Treue ihrer Mitglieder giebt auch für die Zukunft die sicherste Gewähr, und wenn wir sehen, wie zahlreich sie sich zu der heutigen Feier eingefunden haben, dann dürfen wir getrost in die Zukunft blicken, und uns wohl der Hoffnung hingeben, dass es der Gesellschaft in weiteren fünfzig Jahren vergönnt sein werde, ihr hundertjähriges Stiftungsfest zu feiern.

Unseren jüngeren Freunden und Collegen wird es obliegen, diese Hoffnung zu verwirklichen.

Junge aufstrebende Kräfte haben die Gesellschaft gegründet und ihr das Leben eingehaucht, junge aufstrebende Kräfte müssen sie erhalten und immer weiterem Gedeihen entgegenführen.

Dass es ihr auch heute noch an solchen Kräften nicht gebricht, dies zeigt ein Blick auf die Anwesenden, das lehrten die Demonstrationen, deren wir uns soeben erfreuen durften.[1])

Dass es ihr auch fernerhin niemals daran fehlen möge, das ist mein Wunsch, und diesem Wunsche bitte ich Sie, mit

---

1) Leider war es dem Redner, der überdies an diesem Abend geschäftlich stark in Anspruch genommen war, ebenso wie manchen anderen Mitgliedern der Gesellschaft gänzlich unbekannt geblieben, dass sich unter den ausgestellten Gegenständen an einer wenig auffallenden und durch zahlreiche Beschauer verdeckten Stelle die ersten Röntgen'schen Photographien befanden. Wäre ihm auch nur ein Wort darüber zu Ohren gekommen, so hätte er seine Rede in ganz anderem Tone geschlossen und der seltenen Weihe gedacht, welche dem Feste dadurch verliehen worden sei, dass an diesem Tage zum erstenmale die Ergebnisse einer Entdeckung mitgetheilt wurden, deren weittragende Bedeutung auf den ersten Blick erkannt werden musste. Dann hätte er der stolzen Freude Ausdruck gegeben, dass das zweite halbe Jahrhundert im Leben der Gesellschaft ebenso glänzend begonnen habe wie das erste, dessen Anfangsjahre für alle Zeiten mit der Erinnerung an bahnbrechende Entdeckungen verknüpft bleiben werden.

mir Ausdruck zu geben und mit mir einzustimmen in den Ruf: die Physikalische Gesellschaft zu Berlin möge blühen und gedeihen, die Physikalische Gesellschaft lebe hoch, hoch, hoch!

Es war beabsichtigt worden, dem Ehrenvorsitzenden der Gesellschaft, Hrn. du Bois-Reymond, die soeben vollendete erste und dritte Abteilung des 50. Jahrganges (1894) der „Fortschritte der Physik" feierlich zu überreichen. Da leider sein Befinden ihn genöthigt hatte, sich auf die Theilnahme an der Sitzung im physikalischen Institut zu beschränken, ihm aber nicht gestattete, bei dem nachfolgenden Abendessen zu erscheinen, nahm an seiner Stelle Hr. von Bezold die Bände von den Redacteuren entgegen.

Hierbei wurde von Hrn. **R. Börnstein** die folgende Ansprache gehalten.

„Es ist nicht allein der Ehrenvorsitzende dieser Gesellschaft, welchem wir das Ergebniss unserer Berichterstattung überreichen, sondern Hr. du Bois-Reymond steht zu den „Fortschritten" auch in einem intimeren Verhältniss, er ist unser ältester Mitarbeiter. Unter den heutigen Mitgliedern der Gesellschaft dürfte ausserdem nur noch Hr. Karsten in Kiel übrig sein aus der Zahl derjenigen Gelehrten, welche Referate für den Jahrgang 1845 geliefert haben. Seitdem ist das Verzeichniss der Mitarbeiter zu einer langen und stolzen Reihe angewachsen, reich an Namen von der Art, die man wägen soll und nicht zählen. Es finden sich in dieser Liste die nicht mehr unter uns weilenden Fachgenossen von Beetz, Brücke, Buys-Ballot, Clebsch, von Helmholtz, Hertz, Kirchhoff, Kundt, von Siemens, und zahlreiche lebende Forscher von nicht geringerem Ruf. Sie Alle, deren wissenschaftliche Verdienste der Culturwelt wohlbekannt sind, haben es nicht verschmäht, an unserem Werke mitzuarbeiten und durch Referate über fremde Forschungsergebnisse die Geschichte unserer Wissenschaft zu fördern. Abgesehen von denjenigen Bänden der „Fortschritte", welche gesondert die „Physik der Erde" behandeln (seit 1880), zählt das Verzeichniss der bisherigen Referenten 260 Fachgenossen auf, und darunter nicht wenige, welche durch lange Jahre ihre

Zeit und Kraft in den Dienst unserer Berichterstattung gestellt haben. So hat Hr. RADICKE für 31 Jahrgänge Referate geliefert, Hr. E. O. ERDMANN für 29, Hr. RÖBER für 28, die Hrn. KARSTEN, SCHWALBE, WANGERIN für 25, Hr. VON BEETZ für 23, Hr. HOPPE für 22, die Hrn. OBERBECK und E. WIEDEMANN für 21, Hr. NEESEN für 20 Jahrgänge u. s. w. Auch soll nicht unerwähnt bleiben, dass wir uns stets der Mitwirkung ausländischer Fachgenossen zu erfreuen hatten, die über die physikalischen Leistungen ihrer Heimath berichteten und unsere „Fortschritte" vervollständigten durch Referate aus den nicht allgemein verstandenen Sprachen.

Indem ich hiermit die 1. Abtheilung unseres 50. Jahrganges Hrn. DU BOIS-REYMOND überreiche, geschieht es mit dem herzlichen Wunsche, dass es der Gesellschaft noch recht oft vergönnt sei, in die Hände ihres Ehrenvorsitzenden das Ergebniss der jährlichen Berichterstattung niederzulegen."

Hr. **R. Assmann**, als Redacteur der 3. Abtheilung der „Fortschritte der Physik 1894", fuhr dann fort:

Im Anschlusse an meinen Herrn Redactionscollegen bitte auch ich um die Erlaubniss, die soeben unter schwierigen Verhältnissen — wie mir der zu unserer Freude anwesende Herr Verleger gern bestätigen wird — fertiggestellte 3. Abtheilung der „Fortschritte der Physik", enthaltend die Fortschritte der kosmischen Physik im Jahre 1894, dem Herrn Vorsitzenden zu überreichen mit der Bitte, diesen Jubiläumsband unserem allverehrten, leider heute nicht anwesenden Ehrenpräsidenten, Herrn Geheimrath EMIL DU BOIS-REYMOND als eine Huldigung der Physikalischen Gesellschaft gütigst zustellen zu wollen.

Die in dieser Abtheilung behandelten Wissenschaften, die Astrophysik, Meteorologie und Geophysik, gehören ohne Zweifel der Physik an, wenn sie auch dem Arbeitsfelde der reinen Physik in vielen Beziehungen fern stehen. Aber wir brauchen uns nur daran zu erinnern, dass z. B. die Optik ihre grössten Triumphe feiert auf dem Gebiete der Spectroskopie und Photographie der Gestirne, dass ferner die Gesetze

der mechanischen Wärmetheorie in der modernen Meteorologie eine hochwichtige Rolle spielen, wie die Föhntheorie und die werthvollen thermodynamischen Untersuchungen der Neuzeit beweisen. Und dass die Lehre vom Maass und Messen, sowie die Mechanik in der Geophysik ein weites Versuchsfeld haben, beweist uns die Geodäsie und die Schwerebestimmung mittels des Pendels. In der kosmischen Physik findet die reine Physik ihre Nutzanwendung und vielfach die Beweise für die Richtigkeit ihrer Schlüsse. Deshalb hat die kosmische Physik unbedingt ein Recht, an der Seite der reinen Physik zu erscheinen.

Blicken wir zurück auf die ersten Jahrgänge der „Fortschritte der Physik“, so sehen wir, dass schon deren erster Redacteur, der um die Physikalische Gesellschaft hochverdiente, leider ebenfalls nicht anwesende Prof. KARSTEN, im Jahre 1845 die Meteorologie in seinen Arbeitsplan aufgenommen hatte — und kein Geringerer als MAHLMANN hatte die Berichterstattung über dieselbe übernommen. Seine Erkrankung und sein bald darauf erfolgter Tod verhinderte aber die Ausführung seines Vorhabens, sodass erst im Berichte über das Jahr 1847 die Meteorologie und der Erdmagnetismus in den „Fortschritten“ berücksichtigt werden konnten. Aber es waren zwei Namen mit gutem Klang, welche mit diesen Capiteln verbunden waren: BUYS BALLOT in Utrecht und LAMONT in München. Ja, die erste und wohl auch die einzige Preisfrage, welche in den „Fortschritten“ veröffentlicht wurde, war eine meteorologische, welche, von der Universität Utrecht gestellt und von BUYS BALLOT bekannt gemacht, „demjenigen 80 Thaler zusicherte, welcher die beste Arbeit über die mittleren Abweichungen des Barometers und Thermometers in Beziehung zu den mittleren Windrichtungen liefern würde.“

Im Berichte über die Fortschritte des Jahres 1849 wurde unter den Redacteuren KARSTEN und BEETZ der physikalischen Geographie zuerst ein Platz eingeräumt, während die Astrophysik erst im Jahre 1878 ein eigenes Capitel erhielt. Als im 35. Bande, enthaltend den Bericht über das Jahr 1879, aber erst erschienen 1886, der 6. Abschnitt, welchem unsere Wissenschaften angehörten, einen Umfang von 38 Bogen erreicht hatte, wurde eine Abtrennung desselben von dem übrigen Werke erforderlich. Der um die Physikalische Gesellschaft

und ganz besonders um die „Fortschritte“ so hochverdiente Hr. Prof. SCHWALBE, welcher schon zehn Jahre lang die Redaction des ganzen Werkes geführt hatte, zog sich nun auf diesen 3. Band, die „Physik der Erde“ zurück, welchen er bis zum Berichtsjahre 1886 ohne Unterbrechung bearbeitete. Als dann dem Vortragenden die Redaction übertragen wurde, behielt der unermüdlich Thätige die Referate über seine Lieblingscapitel Vulkane, Erdbeben und Glacialphysik bei.

Die Eintheilung des Stoffes machte, wie erklärlich, entsprechend der Entwickelung der Wissenszweige, wiederholte Wandlungen durch. So umfasste 1878 ein Sammelcapitel „Meteorologische Optik“ manche heterogene Dinge, wie Sonnenbeobachtungen, Sonnenflecke, Feuerkugeln, Meteoriten und Polarlichter, während später noch „Regenbogen und Ringe“ dem Capitel „Astrophysik“ einverleibt wurden. Hier schuf SCHWALBE zuerst Wandel, indem er eine neue, bis zum Jahre 1890 beibehaltene Eintheilung einführte. Nachdem aber, als neue Disciplinen auftraten, wie die synoptische Meteorologie, dynamische Meteorologie, Morphologie der Erdoberfläche und andere, wurde eine weitere Theilung erforderlich, wie sie seit 1890 verwendet worden ist.

Inzwischen war die Verzögerung im Erscheinen der Berichte, über welche schon KARSTEN im 4. Bande, als der Bericht über die „Fortschritte des Jahres 1848“ im Jahre 1852 erschien, bitter klagte, eine immer grössere geworden, sodass der Zwischenraum zwischen dem Berichtsjahre und dem Jahre des Erscheinens auf sieben Jahre angewachsen war. Der Werth der Publication als ein „Repertorium“ musste hierdurch naturgemäss erheblich leiden und dem entsprach denn auch die stete Verringerung des Absatzes derselben. So wurde die Krisis unvermeidlich, als im Jahre 1893 der bisherige treue Verleger der „Fortschritte“, Hr. GEORG REIMER, dessen Anwesenheit uns heute erfreut, das Maass der pecuniären Opfer für voll erklärte und der Gesellschaft den Verlagscontract kündigte. Das Todesurtheil der „Fortschritte“ schien gesprochen zu sein und man begann bereits Erwägungen über ein anständiges Begräbniss derselben anzustellen. Da war es vornehmlich unser hochverehrter Ehrenpräsident DU BOIS-REYMOND, welcher immer und immer wieder sagte: „Und wenn wir nur den 50. Band noch fertigstellen könnten!“

Nun ist er fertig, der 50. Band, und zugleich ist es durch Zusammenraffung aller Kräfte seitens der Referenten und Redacteure gelungen, den Zwischenraum zwischen Berichtsjahr und Erscheinungsjahr auf ein Jahr einzuengen; der 50. Band hat den Titel: „Fortschritte der Physik im Jahre 1894, erschienen 1895."

Damit war die Grundbedingung erfüllt, unter welcher die hochangesehene Verlagsfirma Friedrich Vieweg & Sohn in Braunschweig, deren Chef wir unter uns zu sehen die Freude haben, die Opfer und Gefahren des Verlages auf sich genommen hatte; die annoch restirenden Jahrgänge 1890 bis 1892 aber sollen zwischen die neuen Bände eingereiht und im Laufe der nächsten zwei Jahre nachgeliefert werden.

Den Referenten und Redacteuren erwächst dadurch zwar eine wahrlich nicht geringe Arbeitslast, aber es wird, so zweifeln wir nicht, trotz alledem gelingen, die „Fortschritte" nicht nur am Leben zu erhalten, sondern auch zum Wiederaufblühen zu bringen.

Neben der Beschleunigung des Erscheinens erwies sich aber auch eine weise Beschränkung als unerlässlich, sollte nicht die Publication zu einem gewaltigen Umfange, und damit zu einem unerschwinglichen Preise anwachsen. Denn die schöne Zeit ist längst vorüber und dürfte auch niemals wiederkehren, in welcher § 40 der Gesellschaftsstatuten lauten konnte: „Hiesige Mitglieder, welche zwei halbjährige Beiträge von 3 Thaler geleistet haben, haben ein Anrecht auf ein Exemplar der «Fortschritte»"; oder gar § 41: „Auswärtige Mitglieder, welche Beiträge geliefert haben: «erhalten ein Exemplar»". Jetzt heisst es vielmehr: „Für Ihre Beiträge erhalten Sie ein Honorar von M. 10; Band 50 der «Fortschritte» kostet M. 70, also haben Sie noch zu zahlen M. 60!"

So möge denn auch dieser 50. Jahrgang der „Fortschritte der kosmischen Physik", an welchem eine Reihe der namhaftesten Gelehrten der Jetztzeit in opfervoller Arbeit thätig war, Zeugniss ablegen von der regen Antheilnahme der Physikalischen Gesellschaft an der geistigen Arbeit auf dem Gebiete der kosmischen Physik!

Hr. **E. Warburg** sprach auf die anwesenden Gäste:

Sehr geehrte Damen und Herren!

Eine fünfzigjährige Gedenkfeier wie die heutige steht unter dem Zeichen der Rückblicke, der Vergleiche zwischen einst und jetzt. Dabei tritt nun, wie ich glaube, besonders die hoch gesteigerte Theilnahme der Welt an der physikalischen Arbeit hervor. So stille und unbemerkt wie vor fünfzig Jahren tritt heute eine physikalische Gesellschaft nicht mehr ins Leben. Woher diese gesteigerte Theilnahme? Es ist nicht die grössere Fülle der Entdeckungen. Zwar errang vor sieben Jahren HERTZ seine grossen Erfolge, aber etwa ebenso lange vor der Gründung der Physikalischen Gesellschaft entdeckte FARADAY die Induction, wenige Jahre nach ihrer Gründung schrieb v. HELMHOLTZ die Erhaltung der Kraft und CLAUSIUS seine grundlegenden Arbeiten; etwas später schenkten uns BUNSEN und KIRCHHOFF die Spectralanalyse.

Die gesteigerte Theilnahme der Welt an der Physik rührt vielmehr, wie ich glaube, von der grösseren Wirkung her, welche heutzutage die Physik auf das bürgerliche Leben ausübt, besonders seitdem durch die Erfindung der Dynamomaschine durch unseren WERNER SIEMENS im engen Anschluss an die physikalischen Laboratorien die moderne Electrotechnik erwuchs.

Der Charakter unseres Festes würde daher dem Zeitgeiste schlecht entsprechen, wenn nicht die Theilnahme der Welt an unserer Arbeit durch unsere Ehrengäste zu lebendigem Ausdruck gebracht würde.

Das Interesse, welches die Königl. Preuss. Regierung der Physik entgegenbringt, wird durch die Gegenwart des Hrn. Geh. Raths WEHRENPFENNIG bezeichnet. Den Zusammenhang der Physik mit der Universitas litterarum sollte seine Magnificenz der Hr. Rector der Universität, ihren Zusammenhang mit der Technik der Hr. Rector der Technischen Hochschule verkörpern. Leider sind beide Herren durch Krankheit verhindert worden, unserer Einladung Folge zu leisten.

Die schnelle Verbreitung wissenschaftlichen Fortschritts in weite Kreise, wie sie durch die wissenschaftlichen Journale und die Presse vermittelt wird, kommt durch die Gegenwart

der Herren Verleger unserer Fortschritte und des Herrn Vertreters der Presse zum Ausdruck.

Aber wir erfreuen uns heute wie auch vor fünfundzwanzig Jahren noch anderer nicht physikalischer Gäste, nämlich der Damen. Die Damen stehen eigentlich in einem gewissen Gegensatze zur Physik. Da, wo, wie in der Physik, Alles nach strengen Gesetzen erfolgt, ist eigentlich nicht ihr Reich, sie lieben es nicht, wenn Alles so fadengrad nach dem Schnürchen zugeht. Rechts und links von der Regel abzuweichen, ist ihr eigentliches Element, und wir Ehemänner haben es wohl oft erfahren, dass, wenn wir dachten, jetzt muss es so kommen, dass es dann gerade anders kam.

Ich will nicht weiter gehen, lieber nicht an einen alten lateinischen Spruch erinnern.

Vielmehr will ich die andere Seite der Sache hervorheben und zunächst einmal constatiren, dass alle fünfundzwanzig oder fünfzig Jahre eine nähere Berührung mit den schönen Vertreterinnen der Ungesetzmässigkeit der Physik nicht schaden dürfte.

Aber ich möchte noch weiter gehen und meine Ansicht dahin aussprechen, dass gerade dem Abweichen von der Regel eine höhere Gesetzmässigkeit zu Grunde zu liegen scheint, nämlich das Gesetz der Anmuth, durch welche die Frauen uns das Leben verschönern und welche da zu beginnen scheint, wo die strenge Gesetzmässigkeit aufhört.

Ich bitte Sie mit mir einzustimmen in den Ruf: Unsere Ehrengäste, unsere Damen, sie leben hoch!

Hr. Geheimrath **Wehrenpfennig** dankt dem Herrn Vorredner für die freundliche Begrüssung der Gäste, der mit Recht in seinen Toast auch die Herrn Verleger und die Presse eingeschlossen habe. Denn die physikalische Gesellschaft habe von jeher selbständig auf ihren Füssen gestanden, durch ihre wissenschaftlichen Publicationen in der Presse gewirkt, von Niemand abhängig als von der Wissenschaft und ihren Forderungen. In anderen Ländern, besonders in England und Amerika, werde die Wissenschaft vielfach durch grossartige Zuwendungen reicher Privatleute gefördert, welche Institute

und Lehranstalten gründeten und ausrüsteten. Solche Fälle seien bei uns sehr selten; dagegen schliesse sich bei uns die grosse Zahl akademisch Gebildeter zu arbeitenden Gesellschaften zusammen, die unter der Führung von Männern ersten Ranges von Jahr zu Jahr die Fortschritte der Wissenschaft verfolgen, sie selber förderten und sie dem Verständniss des Publikums öffneten. So habe auch die Physikalische Gesellschaft seit 50 Jahren gearbeitet, und ihre Arbeit habe grosse Frucht getragen. Sie möge auch in Zukunft gedeihen und in kräftiger Entwickelung ihren hundertjährigen Stiftungstag feiern.

Hr. Geh. Rath G. **Wiedemann** ergriff bald darauf das Wort:

Sehr geehrte Damen und Herren!

Ein physikalischer Grund, ein electrischer Ozonkatarrh, hat mich leider der mir zugedachten Ehre beraubt, als eines der ältesten Mitglieder Ihnen in kurzen Worten die Geschichte der Physikalischen Gesellschaft vorzuführen. Dadurch haben wir Alle aber die Freude gehabt, die ausgezeichnete Rede unseres verehrten Hrn. Vorsitzenden hören zu können.

Auf den Wunsch einiger Freunde nehme ich indess doch noch das jus flebile senectutis für mich in Anspruch und gestatte mir, mit Ihnen des Ehren-Präsidenten unserer Gesellschaft, unseres Freundes Emil du Bois-Reymond zu gedenken.

Meine Rede ist hiernach mehr persönlicher Natur, als die inhaltsreichen Worte des Hrn. Geheimrath von Bezold. Ich darf deshalb wohl auch aus alter Erinnerung die persönlichen Verhältnisse der ältesten Mitglieder der Physikalischen Gesellschaft berühren, unter denen du Bois die erste, einflussreichste Stelle einnimmt.

Unvergesslich und in stets dankbarer Erinnerung bewahren wir das Colloquium von Magnus mit seinen wissenschaftlichen Vorträgen und seinem anfänglichen gemüthlichen Kalbsbraten. Als aber die Mitglieder desselben in ihrer wissenschaftlichen Laufbahn weiter fortschritten, da regte sich bei ihnen naturgemäss der Wunsch nach grösserer Selbständigkeit und so

gründete eine Anzahl derselben die Physikalische Gesellschaft.

Es war ein glückliches Zusammentreffen, dass junge, später hoch bedeutende Physiologen, du Bois und Brücke diesem Kreise angehörten. Die Naturphilosophie, die Lehren von Schelling und Hegel hatten allmählich ihren Einfluss auf die Naturwissenschaft eingebüsst, die Annahme einer besonderen Lebenskraft wurde nach und nach in Zweifel gezogen. Den Physiologen fiel vor allen die Aufgabe zu, diese Annahme nach allen Richtungen zu kritisiren. So mussten sie sich mit den verschiedensten Zweigen der Physik und Chemie vertraut machen und bildeten infolge dessen das Bindeglied zwischen den Vertretern der einzelnen Fächer. Bald schlossen sich den Gründern andere Fachgenossen an. Auch ich, der ich zur Zeit der Gründung noch zu sehr physikalisches Baby war, wurde bald, wenn auch noch sehr jung, in freundlichster Weise in die Gesellschaft eingeführt.

In hohem Grade förderlich war es, dass die Mitglieder in wissenschaftlicher Beziehung ganz ihre eigenen Wege verfolgten, so auch ganz besonders die Schüler von Magnus. Magnus gewährte den Zutritt zu seinem Privat-Laboratorium — grössere Staatslaboratorien gab es damals noch nicht — nur denen, welche Themata zu eigenen Arbeiten mitbrachten, und unterstützte sie dann, indess auch nur, wenn es nöthig war, mit seinem eminent praktischen Rath in experimenteller Beziehung: Seine Schüler können ihm daher nicht dankbar genug sein. Eine Schule in dem Sinne, dass er seine eigenen Ideen als geistige Basis der Forschungen seinen Schülern übermittelte, hat er hiernach nicht gegründet. Vielleicht war diese Eigenart von Magnus ein grosses Glück für die begabteren Jünger der Wissenschaft; sie mussten sich zu durchaus selbstständigen Forschern heranbilden.

Diese Methode steht ganz im Gegensatz zu den Schulen der neueren Zeit, wie von Helmholtz und Kundt, die wesentlich ihre eigenen Gedanken in ihren Laboratorien verarbeiten liessen. Das Eintreten dieser Schulen neben einzelnen begabten Forschern bildete ein charakteristisches Element in der späteren Zusammensetzung der Physikalischen Gesellschaft.

*

In den Sitzungen suchte ein Jeder in anspruchsloser Form sein bestes zu geben. — Durch Mittheilung einiger Data aus der Zeit, in der ich selbst an den Sitzungen theilnahm, möchte ich Ihnen ein Bild von der Vielseitigkeit der Interessen der Gesellschaft geben. Da zeigte uns E. du Bois-Reymond einen seiner wichtigsten Versuche an einem Froschschenkel, den er, um das Zartgefühl nicht zu verletzen, in einem blauen Strumpf präparirte; Brücke demonstrirte das Leuchten des menschlichen Auges; Dub theilte seine scherzhaft als „leges Dubiae“ bezeichneten Gesetze des Electromagnetismus mit; Beetz seine ersten physikalischen Arbeiten; die zwei ältesten Gebrüder Schlagintweit hielten zusammen einen Vortrag; der eine löste den anderen mitten im Satz ab. Knoblauch erläuterte seine Untersuchungen über die strahlende Wärme, deren Bedeutung für die damalige Zeit jetzt häufig nicht mehr genügend anerkannt wird; der Lieutenant Siemens besprach seine ersten wissenschaftlichen Errungenschaften; Dr. Vettin und Uhrmacher Leonhardt zeigten ihre electromagnetischen Motoren etc. Und Alle waren wir erfüllt von den unsterblichen Leistungen von Helmholtz, deren Bedeutung den älteren Physikern nach der Art ihres Bildungsganges verschlossen blieb.

Ohne Neid und Eifersucht erfreute sich ein Jeder an den Leistungen der Anderen und hatte nur den Ehrgeiz, ihnen in seinem Specialfach nachzueifern. Das grösste Verdienst um dieses freundschaftliche Zusammenhalten im edlen Wetteifer hatte aber wiederum E. du Bois-Reymond. Er wusste anzuregen, entsprechend seiner bedeutenden Persönlichkeit, mit grosser Gewandtheit und liebenswürdigem Eingehen die Debatte zu leiten und durch manch kluges und treffendes Wort die Anschauungen zu klären. Seinem Einfluss und seiner bis jetzt fortgesetzten unveränderten Theilnahme verdankt es die Physikalische Gesellschaft vor allem, dass sie nunmehr 50 Jahre zusammengehalten und die Wissenschaft auf das wesentlichste gefördert hat.

Das Band, welches die Mitglieder der Gesellschaft umschloss, übertrug sich auch auf das äussere Leben. Als einmal zwei derselben, d. B. und Cl., sich um eine beiden sehr erwünschte Stellung bewarben, da verabredeten sie, an welche

einflussreiche Stellen sie sich wenden wollten, lobten dann stets einer den anderen und blieben nach der Entscheidung gute Freunde.

So besteht denn jetzt auch noch nach 50 Jahren ein aufrichtiges Freundschaftsverhältniss zwischen den freilich nur wenigen noch lebenden alten Mitgliedern der Gesellschaft.

Sie haben aus dem Vortrag unseres Hrn. Vorsitzenden entnommen, dass neben den Mittheilungen in den Sitzungen eine übrigens schon von MAGNUS geplante Herausgabe eines physikalischen Jahresberichtes, der Fortschritte der Physik, eine Hauptaufgabe der Physikalischen Gesellschaft ist. Zuerst sollten unter Leitung von KARSTEN grössere einheitliche zusammenhängende und zugleich kritische Darstellungen der gesammten Leistungen in den einzelnen Theilen der Physik gegeben werden. Später hinderten viele sonstige Beschäftigungen die Mitarbeiter an der Verfolgung dieses hohen Zieles, und man musste sich begnügen, nach dem Stoff geordnete, je nach der Individualität des Referenten mehr oder weniger kritische Referate über die einzelnen Abhandlungen zusammenzustellen. Die grosse Schwierigkeit, immer geeignete Referenten zu gewinnen und immer wieder zu erneuter Arbeit heranzuziehen, wurde glücklich überwunden.

Als dann äussere finanzielle Verhältnisse den Fortbestand der Fortschritte gefährdeten, da war es unter anderen verdienten Mitgliedern wiederum DU BOIS-REYMOND, der den Muth nicht sinken liess, und im Verein mit ihnen den so werthvollen Fortschritten neues Leben einhauchte, sodass sie jetzt zu unserer aller Freude wieder vollständig auf der Höhe der Zeit stehen.

Für alle diese Leistungen für unsere Gesellschaft müssen wir DU BOIS unseren wärmsten Dank aussprechen. Den grossen Einfluss, welchen er zum Nutzen der Gesellschaft und zum Heil der Wissenschaft ausgeübt hat, verdanken wir seiner mächtigen Persönlichkeit, seiner Treue, seinem unermüdlichen, thatkräftigen Eingreifen und nicht minder seiner wissenschaftlichen Stellung.

Was er uns für die Physikalische Gesellschaft ist, wissen wir Alle. Seine wissenschaftliche Bedeutung brauche ich Ihnen

nicht im Einzelnen vorzuführen und möchte nur eine seiner allgemeinsten Leistungen erwähnen, dass er vor allem die Physiologen gelehrt hat, die exactesten physikalischen Methoden mit Erfolg bei ihren Forschungen anzuwenden.

Tief beklagen wir, dass er, durch Krankheit verhindert, hier nicht unter uns weilen kann. Wir wollen ihm unsere Theilnahme und mit innigstem Dank unsere besten Wünsche für sein Wohlergehen aussprechen.

Hr. Geheimer Obermedicinalrath Emil du Bois-Reymond lebe hoch!

In unmittelbarem Anschluss daran brachte Hr. **A. Paalzow** folgenden Trinkspruch aus:

Meine Damen und Herren. Es ist meine Absicht, ein Hoch auszubringen auf die jungen Physiker, ihre Frauen und Bräute.

Zur Begründung knüpfe ich an die Worte des Vorredners. Derselbe behauptete, Magnus hätte eigentlich keine Schule gegründet. Dem muss ich entschieden widersprechen. Der Vorredner, viele Andere, darunter auch meine Wenigkeit, sind aus dieser Schule hervorgegangen.

Magnus war sogar der erste, der in seinem Laboratorium und seinem Colloquium hier in Berlin eine physikalische Schule gründete, und ich muss gestehen, dass mir seine Methode besser gefiel, als die jetzt in den Staatslaboratorien zur Anwendung gekommene.

Das Magnus'sche Laboratorium war privater Natur, man verdankte die Aufnahme in dasselbe der Liebenswürdigkeit des Professors. Honorar wurde nicht gezahlt. Dafür wurde aber auch niemand zum Arbeiten zugelassen, der nicht ein Arbeitsthema mitbrachte. Ja, selbst wenn dies der Fall war, wurde derselbe zurückgewiesen mit den Worten: „Ach, damit kommen Sie nur einem anderen Physiker ins Gehege“, oder: „Was Sie da suchen, versteht sich so von selbst, dass ein Arbeiten darüber ganz überflüssig ist“.

Es musste dann der wissensdurstige Jüngling sich ein besseres Thema ausdenken, bis es ihm gelang, in das Heiligthum aufgenommen zu werden.

Von ausgezeichneter Wirkung war das Colloquium, so dass auch ältere Mitglieder der Physikalischen Gesellschaft, wie KRÖNIG und CLAUSIUS, an demselben theilnahmen.

MAGNUS war kein steifer pedantischer Leiter desselben, er stieg vom hohen Katheder herab, und mit der Offenheit und Ungezwungenheit, wie er die Discussion eröffnete, löste er den Mitgliedern die Zunge, so dass immer Leben in die Debatte kam.

Die Arbeiten, über welche die Mitglieder zu referiren hatten, wurden grausam zerlegt und zerpflückt, bis der Kern der Sache gefunden war.

Hier konnte der angehende Physiker lernen, was bisher in dem betreffenden Theile der Physik gearbeitet war und was sich lohnte, neu zu bearbeiten, hier konnte er sich neue Probleme stellen.

Heutzutage wird es dem Studirenden leicht gemacht. Wenn er das hohe Honorar bezahlt hat, muss der Leiter des Laboratoriums ihn aufnehmen.

Mit all den Bequemlichkeiten, die jetzt die Laboratorien bieten, kann er behaglich das Thema bearbeiten, welches ihm der gütige Professor anweist.

Dadurch werden aber weit mehr Physiker gezüchtet, als später in auskömmlichen Stellen untergebracht werden können.

Darum trinke ich auf das Wohl der jungen Physiker, mögen sie bald in gute Stellen kommen, ich trinke auf das Wohl ihrer Frauen und Bräute, die in der Wartezeit sie trösten und erheitern mögen. Sie leben hoch!

Hr. **B. Schwalbe** gedachte der abwesenden Mitglieder und befreundeten Vereine mit folgenden Worten:

Hochverehrte Versammlung.

Es ist von jeher ein Vorzug der Physikalischen Gesellschaft gewesen, dass die einzelnen Mitglieder derselben, auch wenn sie ihr nicht mehr unmittelbar angehört haben, Treue und Anhänglichkeit bewahrten. So denken auch an dem heutigen Festabend Viele, die denselben nicht mit persönlich

begehen können, sei es durch Zeit, Raum oder andere Umstände gehindert, unserer Gesellschaft und der Zeiten, in denen sie mit uns in engerer Verbindung standen und persönlich in unseren Sitzungen an dem Leben und Streben der Gesellschaft theilnahmen. Nicht gering ist diese Seite der Wirkung unserer Gesellschaft anzuschlagen; durch die Redaction der „Fortschritte der Physik“, die ich selber lange Jahre führte, habe ich selbst erfahren, eine wie weite Verbindung unsere Gesellschaft in den Kreisen der Physiker Deutschlands hergestellt hat, wie fast Alle kürzere oder längere Zeit an der Mitarbeit betheiligt gewesen sind und wie sie immer bereit waren, die Arbeiten der Gesellschaft zu fördern und zu stützen. Es dürfte nur wenige der älteren Physiker Deutschlands geben, welche nicht direct oder indirect mit unserer Gesellschaft in Berührung oder in Verkehr gestanden haben. Für die so erwachsene Anhänglichkeit geben heute sprechenden Beweis die zahlreichen Grüsse und Wünsche, welche aus Nah und Fern, theils brieflich, theils telegraphisch eingegangen sind. Vor allem von dem einzigen neben unserem hochverehrten Herrn Ehrenpräsidenten noch lebenden Gründer der Gesellschaft Herrn Prof. Karsten in Kiel, der es schmerzlich empfindet durch seinen Gesundheitszustand am Erscheinen verhindert zu sein und mit den besten Grüssen an die Freunde und Collegen den Wunsch ausspricht, dass die Gesellschaft in alle Zukunft blühe und gedeihe; ebenso sendet unser langjähriges Mitglied Dr. Brix, leider noch im letzten Augenblicke durch eine Fussverletzung ans Zimmer gebunden, seine herzlichsten Wünsche zum frohen Feste. Es senden Grüsse und Wünsche H. A. Lorentz in Leiden: „Möge die Gesellschaft bis in ferne Zukunft blühen und im Interesse der Wissenschaft und der freundschaftlichen Beziehungen zwischen den Physikern wirksam sein“; Pfaundler in Graz, Grotrian in Aachen, Eilh. Wiedemann in Erlangen, Goldhammer in Kasan, ein Vivat sendet Chwolson Petersburg; seinem alten Präsidenten und allen lebenden und dahingeschiedenen Freunden weiht in treuer Erinnerung am fünfzigjährigen Stiftungsfeste einen Festestrunk unser langjähriger Schriftführer Georg Quincke, ebenso sendet Hr. Oberbeck, der 24 Jahre lang Mitarbeiter an unseren Fortschritten war, in Erinnerung an unsere Sitzungen und die Förderung und

Anregung, die sie vielen von uns geboten haben, Wünsche für das Blühen und Gedeihen der Gesellschaft, und diesen Wünschen schliessen sich an die russische Physikalische Gesellschaft in Petersburg; sie sendet ihrer verehrten älteren Collegin herzlichste Glückwünsche zur Feier fünfzigjähriger glänzender Arbeit an allen Fortschritten der Physik, der Präsident Prof. PETRUSCHEWSKY, und der Vorstand des Physikalischen Vereins zu Frankfurt a. M. mit der Hinzufügung: „Möge Ihre Gesellschaft jederzeit von solchen Männern geführt werden wie bisher und möge sie ihren grossen Erfolgen immer neue hinzufügen.“

Es hätte nahe gelegen, die Berliner Physikalische Gesellschaft zu einer deutschen zu erweitern, wie dies bei der uns befreundeten Berliner Chemischen Gesellschaft der Fall gewesen ist, und so auch äusserlich in erkennbarer Weise das Streben zu kennzeichnen, ein Bindeglied zwischen den einzelnen Gesellschaften unseres Vaterlandes zu sein; oft und in mancherlei Beziehung ist davon gesprochen worden, aber man nahm Abstand davon, das innere geistige Band, das die Gesellschaft mit ihren auswärtigen Mitgliedern durch ihre Mitarbeiter, die in allen Theilen Deutschlands vertheilt sind, verknüpft, in eine äussere Form umzusetzen. Ist doch durch die Fortschritte der Physik das Bestreben unserer Gesellschaft gekennzeichnet, nicht nur mit den Gesellschaften und Fachgenossen in unserem Vaterlande in Verbindung zu stehen, sondern dadurch auch mit den fremdländischen Gesellschaften ein internationales Band zu knüpfen, das sich zur Förderung unserer Wissenschaft, zum Gedeihen der Gesellschaften immer mehr erweitern und schliessen möge. In diesem Sinne fordere ich die Gesellschaft auf, mit mir zu toasten auf das Wohl der abwesenden Mitglieder, das Wohl der Freunde, die unseres Festes in Treue gedacht und der Verbindung der gleichstrebenden Gesellschaften in allen Culturstaaten. Sie leben hoch!

Nach einigen kurzen Worten des Hrn. **A. v. Oettingen** gab Hr. **Raoul Pictet** zum Schluss der Hoffnung Ausdruck,

dass die beiden grossen in diesem Jahre in Berlin und Genf geplanten Ausstellungen die Bewohner beider Städte, insbesondere die Vertreter der Wissenschaft zu näherer persönlicher Berührung führen mögen und lud vor allem die Mitglieder der Berliner Physikalischen Gesellschaft ein im kommenden Sommer Genf zu besuchen.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 15. Nr. 2.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

Sitzung vom 17. Januar 1896.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **O. Frölich** sprach

über den Schutz physikalischer Institute gegen electrische Bahnen.

Sitzung vom 31. Januar 1896.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **W. Kaufmann** hielt einen mit Demonstrationen verbundenen Vortrag

über RÖNTGEN'sche Strahlen.

Sitzung vom 14. Februar 1896.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **R. Börnstein** zeigte

eine vermittelst RÖNTGEN'scher Strahlen auf Bromsilberpapier gemachte Aufnahme.

Hr. **W. von Bezold** sprach dann

über wissenschaftliche Ballonfahrten.

Hr. **F. Neesen** zeigte

eine neue Anordnung zur Erhöhung der Wirksamkeit der RÖNTGEN'schen Strahlen.

Hr. **E. Goldstein** sprach

über die Herstellung dauerhafter Röhren zur Erzeugung RÖNTGEN'scher Strahlen.

Hr. **A. Coehn** sprach

über electrolytische Auflösung und Abscheidung von Kohlenstoff.

Sitzung vom 28. Februar 1896.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **F. F. Martens** (a. G.) sprach

über die Magnetisirung horizontaler im Erdfeld rotirender Scheiben.

Hr. **Wood** (a. G.) demonstrirte

eine doppeltwirkende Quecksilberluftpumpe ohne Kautschukschlauch.

Hr. **H. Starke** (a. G.) berichtete

über eine Methode zur Bestimmung der Dielectricitätsconstanten fester Körper.

Hr. **W. König** liess durch Hrn. **E. Lampe**

mehrere vermittelst RÖNTGEN'scher Strahlen gemachte Aufnahmen

vorlegen.

Hr. **H. Rubens** zeigte

die Wirkung kurzer electrischer Wellen.

Sitzung vom 13. März 1896.

Vorsitzender: Hr. W. VON BEZOLD.

Hr. **C. Linde** (a. G.) sprach

über die von ihm construirte Gasverflüssigungsmaschine.

Berlin, im Mai 1896.

*Beifolgend beehren wir uns, Ihnen die **neue Redactions-Ordnung unserer „Verhandlungen“** zu überreichen.*

Die Gesellschaft hat hierbei besonders den Zweck im Auge gehabt, die Verhandlungen zu einem Organ für kurze Mittheilungen auszugestalten, deren rasches Erscheinen den Verfassern wünschenswerth ist.

Wir geben uns der Hoffnung hin, dass von dieser Gelegenheit ausgiebiger Gebrauch gemacht werde.

Der Vorstand
der Physikalischen Gesellschaft
zu Berlin.

Redactions-Ordnung

für die

Verhandlungen

der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

§ 1.

In den Verhandlungen der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin werden abgedruckt:

1) Kurze Protokolle über den wissenschaftlichen und geschäftlichen Theil der Sitzungen.
2) Autoreferate über die in den Sitzungen gehaltenen Vorträge oder von einem Mitgliede vorgelegten Mittheilungen event. über die daran angeknüpften Discussionen.

§ 2.

Ein dem Herausgeber der Verhandlungen zur Aufnahme eingesandtes Referat kann vom Vorstand der Gesellschaft zurückgewiesen werden, wenn sein Inhalt für die Aufnahme nicht geeignet erscheint, wenn sein Umfang 8 Druckseiten übersteigt oder die in ihm enthaltenen Figuren nicht den Bedingungen des § 4 entsprechen.

§ 3.

In der Regel soll spätestens 4 Wochen nach jeder Sitzung der Gesellschaft eine Nummer der Verhandlungen ausgegeben werden. Eine Ausnahme hiervon findet statt, wenn innerhalb

der auf eine Sitzung folgenden 8 Tage kein aufnahmefähiger Beitrag (§ 2) beim Herausgeber eingegangen ist.

§ 4.

Figuren werden nur dann aufgenommen, wenn ihre Reproduction im Text nach einem billigen Verfahren erfolgen kann.

§ 5.

Der Abdruck der für geeignet befundenen Beiträge kann nur dann in der Reihenfolge der Einsendung gewährleistet werden, wenn die Correctur innerhalb 4 Tagen vom Verfasser erledigt wird.

§ 6.

Der Verfasser jeder Mittheilung erhält 25 Exemplare der betreffenden Nummer der Verhandlungen oder 25 Sonderabzüge seiner Mittheilung gratis. Eine beliebige Anzahl kann er ausserdem zum Preise von 10 Pfg. pro Stück beziehen, wenn er seinen Wunsch auf der Correctur vermerkt.

§ 7.

Die Verantwortlichkeit für den Inhalt der Mittheilungen tragen die Verfasser selbst.

Berlin, Mai 1896.

Hr. **Orlich** (a. G.) zeigte

eine Methode zur objectiven Demonstration der Phasen von Wechselströmen mittels zweier Vibrationsgalvanometer.

Hr. **A. König** berichtete über Versuche von Frl. **E. Köttgen** und Hrn. **G. Abelsdorff** betreffend

den Sehpurpur der verschiedenen Wirbelthierklassen.

Sitzung vom 27. März 1896.

Vorsitzender: Hr. E. WARBURG.

Hr. **F. S. Archenhold** sprach

über das sogenannte schwarze Licht.

Hr. **E. Goldstein** sprach dann

zur Technik der RÖNTGEN'schen Versuche.

Sitzung vom 17. April 1896.

Vorsitzender: Hr. E. WARBURG.

Hr. **A. König** machte eine Anzahl physiologisch-optischer Mittheilungen, betreffend

1. die Anzahl der das Gesichtsfeld eines normalen Auges zusammensetzenden Seheinheiten verglichen mit der Anzahl der Primitivfasern im Querschnitt des Nervus opticus;
2. neuere mikroskopische Funde von Hrn. J. LINDSAY über die Beschaffenheit des Pigmentepithels in der menschlichen Retina;
3. die historische Entwickelung unserer Kenntnisse über das sogenannte PURKINJE'sche Phänomen, insbesondere die neueren darauf bezüglichen Versuche des Hrn. E. HERING.

Sitzung vom 1. Mai 1896.

Vorsitzender: Hr. W. von Bezold.

Der Rechnungsführer Hr. **M. Planck** trägt den Kassenbericht über das abgelaufene Geschäftsjahr vor und bittet um Entlastung. Diese wird ihm auf Antrag der Hrn. W. Brix und E. Lampe, welche Bücher und Kasse statutengemäss revidirt haben, zugleich mit dem Danke der Gesellschaft einstimmig ertheilt. Der von Hrn. M. Planck aufgestellte Voranschlag über Einnahmen und Ausgaben des neuen Geschäftsjahres findet ebenfalls einstimmige Annahme.

Die darauf durch Acclamation vorgenommene Wahl des Vorstandes gibt diesem nunmehr folgende Zusammensetzung.

Ehrenvorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Vorsitzende:
1. Hr. W. von Bezold,
2. „ F. Kohlrausch,
3. „ E. Warburg.

Schriftführer:
1. Hr. B. Schwalbe,
2. „ A. König,
3. „ R. Börnstein,
4. „ R. Assmann.

Rechnungsführer:
1. Hr. M. Planck,
2. „ W. Brix,
3. „ E. Lampe.

Bibliothekare:
1. Hr. H. Rubens,
2. „ U. Behn.

Es wird mitgetheilt, dass von jetzt an jeden Dienstag und Freitag Abend von 6—9 Uhr die Bibliothek geöffnet und der Vereinssecretair Hr. Girke anwesend sein wird, um Bücher auszuleihen.

Hr. **H. Dubois** sprach dann nach gemeinsam mit Hrn. **E. Taylor Jones** gemachten Versuchen

über Magnetisirung und Hysterese verschiedener Stahl- und Eisensorten.

Ueber wissenschaftliche Luftballonfahrten[1]; *von W. von Bezold.*

(Vorgetragen in der Sitzung vom 14. Februar 1896.)

(Vgl. oben p. 41.)

Wenn man die Bedeutung der in neuerer Zeit vielfach ausgeführten wissenschaftlichen Ballonfahrten richtig würdigen will, so muss man vor allem Klarheit darüber gewinnen, welche Aufgaben der meteorologischen Forschung im gegenwärtigen Augenblick in erster Linie zur Lösung vorliegen.

So lange das Streben wesentlich dahin gerichtet war, die Art und Weise, wie sich die meteorologischen Vorgänge im allgemeinen abspielen, durch Mittelwerthe zu charakterisiren, d. h. so lange man sich im wesentlichen nur mit Klimatologie beschäftigte, und die Meteorologie vorwiegend eine geographisch-statistische Wissenschaft war, hatten auch wissenschaftliche Ballonfahrten noch nicht entfernt die gleiche Bedeutung wie heute.

Angaben über die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse der höheren Luftschichten schenkte man natürlich auch damals schon ein gewisses Interesse, aber die Schlüsse, welche man daraus ziehen konnte, waren doch nur ziemlich beschränkte.

Heutzutage sind derartige Zahlen von geradezu grundlegender Wichtigkeit; seitdem man damit begonnen hat, die Meteorologie zu einer Physik der Atmosphäre umzugestalten, erwartet man von den Luftschiffern die Entscheidung der fundamentalsten Fragen.

---

1) Wir glauben den Lesern dieser Verhandlungen einen Gefallen zu thun, wenn wir den vorliegenden Vortrag etwas ausführlicher wiedergeben, da man sich aus demselben verhältnissmässig leicht darüber unterrichten kann, mit welchen Fragen sich die neueste meteorologische Forschung beschäftigt. Auch dürfte es für den Physiker nicht uninteressant sein, daraus zu ersehen, wie sich die Meteorologie jetzt, nachdem sie sich scheinbar von der Physik losgelöst und selbständig gemacht hat, in ihren Methoden und in ihrer Fragestellung doch viel näher an die reine Physik anschliesst, als früher, wo diese Trennung äusserlich noch nicht erfolgt war.

Ich will versuchen, dies mit einigen Zügen klar zu machen:

Die unmittelbaren Versuche für die gesammten Bewegungen in der Atmosphäre bilden Differenzen des Luftdrucks in gleichem Niveau, die ihrerseits wieder durch Temperaturdifferenzen hervorgebracht werden.

Wenn der Luftdruck in einer Fläche von gleicher Meereshöhe, oder, strenger ausgedrückt, in einer Niveaufläche der Schwerkraft constant ist, so ist kein Grund zu Bewegungen in Richtung dieser Fläche gegeben; ist diese Bedingung nicht erfüllt, so ist das Gleichgewicht gestört, die Luft muss sich bewegen.

Von der Grösse dieser Störung erhält man eine sehr anschauliche Vorstellung, wenn man sich Flächen gleichen Druckes durch die Atmosphäre gelegt denkt; fallen diese Flächen mit Niveauflächen zusammen, so herrscht Gleichgewicht, sind sie gegen die letzteren geneigt, so erfahren die Luftheilchen eine Beschleunigung und zwar ist diese Beschleunigung im Sinne der Niveaufläche, d. h. in Richtung der Horizontalen ebenso gross wie jene, welche ein schwerer Körper erfahren würde, wenn die Druckfläche starr wäre und er auf derselben unter dem Einfluss der Schwerkraft reibungslos herabgleiten könnte. Dies gilt freilich nur unter der Voraussetzung, dass die Neigung der beiderlei Flächen gegen einander so gering sei, dass Sinus und Tangente des Neigungswinkels als gleichwerthig angesehen werden dürfen, eine Bedingung, die unter den thatsächlich vorkommenden Verhältnissen stets erfüllt ist.

Denkt man sich ferner zwei benachbarte Flächen constanten Druckes durch die Atmosphäre gelegt, von denen die eine dem Drucke p, die andere dem Drucke $p + \Delta p$ entspricht, so ist die verticale Entfernung zweier solcher Flächen an zwei verschiedenen Stellen einfach der an diesen Stellen herrschenden absoluten Temperatur proportional.

Bezeichnet man dementsprechend (Fig. 1) diese Entfernung an einer bestimmten Stelle durch H_1, an einer anderen durch H_2, so besteht die Gleichung $H_1 : H_2 = T_1 : T_2$, wo T_1 und T_2 die in den Luftsäulen von den Höhen H_1 und H_2 herrschenden absoluten Temperaturen sind.

Diese Art der Betrachtung, die leider noch immer nicht in die Lehrbücher übergegangen ist, obgleich die in Fig. 1 mitgetheilte schematische Zeichnung, jedoch ohne strengere Begründung, schon vielfach als Erläuterungsmittel verwendet worden ist, wurde zuerst von Hrn. TEISSERENC DE BORT[1]) angestellt und später gründlicher ganz unabhängig hiervon von Hrn. MÖLLER[2]) sowie von mir selbst.[3]).

Sie ist nichts anderes als eine zweckmässige Deutung der bekannten Formel

$$\gamma = \frac{db}{dl} \cdot \frac{13{,}6}{\varrho} \cdot g,$$

wo γ die Beschleunigung bezeichnet, welche ein Lufttheilchen im Sinne der horizontalen Geraden l erfährt, die an der betrachteten Stelle in die Richtung der grössten Luftdrucks-

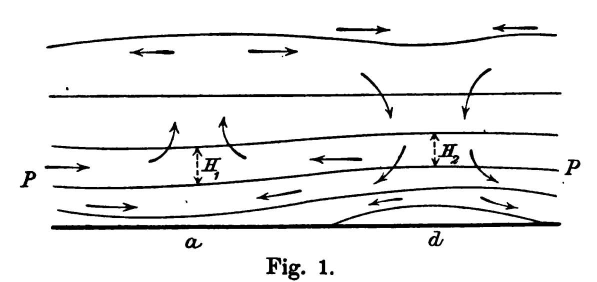


Fig. 1.

änderung fällt, b den Barometerstand in Millimetern Quecksilber, ϱ aber die in dem Cubikmeter Luft enthaltene Masse.

Alsdann ist

$$\varrho = 1{,}293 \frac{b}{760} \cdot \frac{273}{T},$$

wenn T die absolute Temperatur bedeutet.

Aus diesen beiden Gleichungen ergiebt sich dann in höchst einfacher Weise die weitere Formel

$$\gamma = g \operatorname{tg} \alpha,$$

wo α den Neigungswinkel der Fläche constanten Druckes bedeutet, eine Formel, die mit jener für die Beschleunigung auf der schiefen Ebene zusammenfällt, sowie α so klein ist, dass man $\sin \alpha$ statt $\operatorname{tg} \alpha$ setzen darf.

1) TEISSERENC DE BORT, Ann. du Bur. Centr. Météor. (1) **73.** 1882.

2) MÖLLER, Archiv der Seewarte X. Jahrg. Nr. 3. 1887.

3) W. v. BEZOLD, Sitzungsber. der Berl. Akad. p. 1305. 1890.

Denkt man sich nun (Fig. 1) auf der eben angenommenen Erdoberfläche durch eine Stelle niedrigsten Druckes a und durch eine solche höchsten Druckes d eine verticale Ebene gelegt, und denkt man sich ferner Flächen constanten Druckes so gezogen, dass die Aenderung des Druckes von einer dieser Flächen zu einer benachbarten immer denselben Betrag hat, so übersieht man ausserordentlich leicht, wie es sich mit dem Luftaustausch zwischen zwei solchen Gebieten verhält, sofern keine anderen Kräfte als die aus der Druckvertheilung entspringenden in Frage kommen.

Man sieht, dass unter dieser Voraussetzung am Grunde der Atmosphäre Luft von allen Seiten nach dem Gebiete tiefsten Druckes, dem sogenannten barometrischen Minimum, oder der Cyklone hinströmen muss, während sie von einer solchen höchsten Druckes — barometrisches Maximum, Anticyklone — ringsum abfliesst.

Sollen nun solche Gebiete hohen und niedrigen Druckes fortbestehen, bez. sich nur als zusammengehöriges Ganzes weiterbewegen, wie dies annäherungsweise thatsächlich der Fall ist, und sollen hierbei keine anderen Kräfte ins Spiel kommen, als die in den eben hingeschriebenen Formeln ausgedrückten, so ergiebt sich daraus eben jener Verlauf der Druckflächen, wie er in Fig. 1 durch den Schnitt dieser Flächen mit den Verticalebenen versinnlicht ist. D. h. die Druckflächen, die in der Nähe der Erdoberfläche sich nach der Stelle tiefsten Druckes hinsenken, müssen oberhalb dieses Gebietes nach oben convex sein und demnach nach aussen abfallen, da unter den oben gemachten Voraussetzungen nur bei einer solchen Druckvertheilung unten ein beständiges Zuströmen und oben ein beständiges Abfliessen und damit zugleich über dem Gebiete niedrigen Druckes ein andauernder aufsteigender Strom möglich ist.

Genau das Umgekehrte gilt von dem Gebiete hohen Druckes. Dort müssen die Druckflächen sowohl oben als unten in dem entgegengesetzten Sinne gekrümmt sein als über dem Gebiete der Cyklone, wenn oben fortgesetztes Zuströmen, unten Abfliessen und über dem ganzen Gebiete dauerndes Absteigen der Luft stattfinden soll.

Diese Art der Druckvertheilung, wie sie in diesem Schema

dargestellt ist, schliesst aber ganz bestimmte Voraussetzungen über jene der Temperaturen in sich. Da nämlich nach diesem Schema die Druckflächen über dem Minimalgebiete, d. h. über *a* nothwendigerweise weiter auseinandertreten müssen, als über dem Maximalgebiete, so folgt hieraus mit zwingender Nothwendigkeit, dass die Temperaturen über dem ersteren bis oben hinauf höher sein müssen, als über dem letzteren.

Thatsächlich war dies auch bis vor wenigen Jahren die allgemein verbreitete Anschauung und überall begegnete man dem Satze, über warmen Gebieten steigt die Luft auf, über kalten sinkt sie herab. Wir werden später sehen, dass für den grossen Kreislauf, wie er sich innerhalb der sogenannten Rossbreiten, also innerhalb des tropischen und subtropischen Gürtels vollzieht, diese Annahme vollkommen berechtigt ist, während sie bei dem Luftaustausch zwischen Cyklone und Anticyklone, wie er sich in den mittleren und hohen Breiten abspielt, bedeutender Einschränkung bedarf.

Die ersten Angriffe gegen die althergebrachte Lehre, d. h. gegen die sogenannte Convectionstheorie, gingen vor etwa einem Jahrzehnt von Hrn. Hann aus, der aus den Beobachtungen in den Alpen nachwies, dass nicht selten die Luft im Gebiete des aufsteigenden Stromes bis hoch hinauf kühler ist, als in den benachbarten Gebieten absteigenden Stromes.

Dass es sich im Sommer häufig so verhält, kann eigentlich kaum überraschen, denn über dem Gebiete der Depression, d. h. über jenem des aufsteigenden Stromes ist der Himmel mit Wolken bedeckt, und ist es dementsprechend kühler, als über jenem des barometrischen Maximums, wo die Sonne bei wolkenlosem Himmel ihre volle Wirkung äussern kann. Aber sogar im Winter, wo es erfahrungsgemäss über dem Gebiete des Maximums bei heiterem Himmel viel kälter ist, als in jenem der Depression, beschränkt sich die intensive Kälte nicht selten auf die untersten Luftschichten, sodass auch dort die oben angestellten Betrachtungen, wenn auch nicht ganz hinfällig, so doch wenigstens abgeschwächt werden.

Man versteht leicht, dass die Entscheidung dieser Frage von ganz hervorragender Bedeutung ist, und ebenso leicht, dass sie nur durch Beobachtungen im Luftballon zu erbringen ist, da die Berge wenigstens in unseren Gegenden einestheils

nicht hoch genug sind, andererseits aber aus den auf Bergen angestellten Beobachtungen doch nur mit Vorsicht Schlüsse auf die Verhältnisse in der freien Atmosphäre gezogen werden dürfen.

Hier muss also der Luftschiffer eingreifen, und zwar sind es vor allem die von ihm mitgebrachten Aufzeichnungen über Temperatur und Feuchtigkeit, welche die Entscheidung herbeiführen müssen.

Dies überblickt man leicht, wenn man sich der nachstehenden Art der Darstellung bedient, ein Verfahren, das sich beinahe immer mit Vortheil anwenden lässt, wenn es sich darum handelt, die Abhängigkeit irgend eines Elementes von der Höhe zu untersuchen. Man braucht nämlich nur die Höhen als Ordinaten, das entsprechende Element aber als Abscissen aufzutragen und man erhält sofort ein Bild, welches sich den natürlichen Verhältnissen vorzüglich anpasst, und dadurch einen vortrefflichen Ueberblick gewährt.

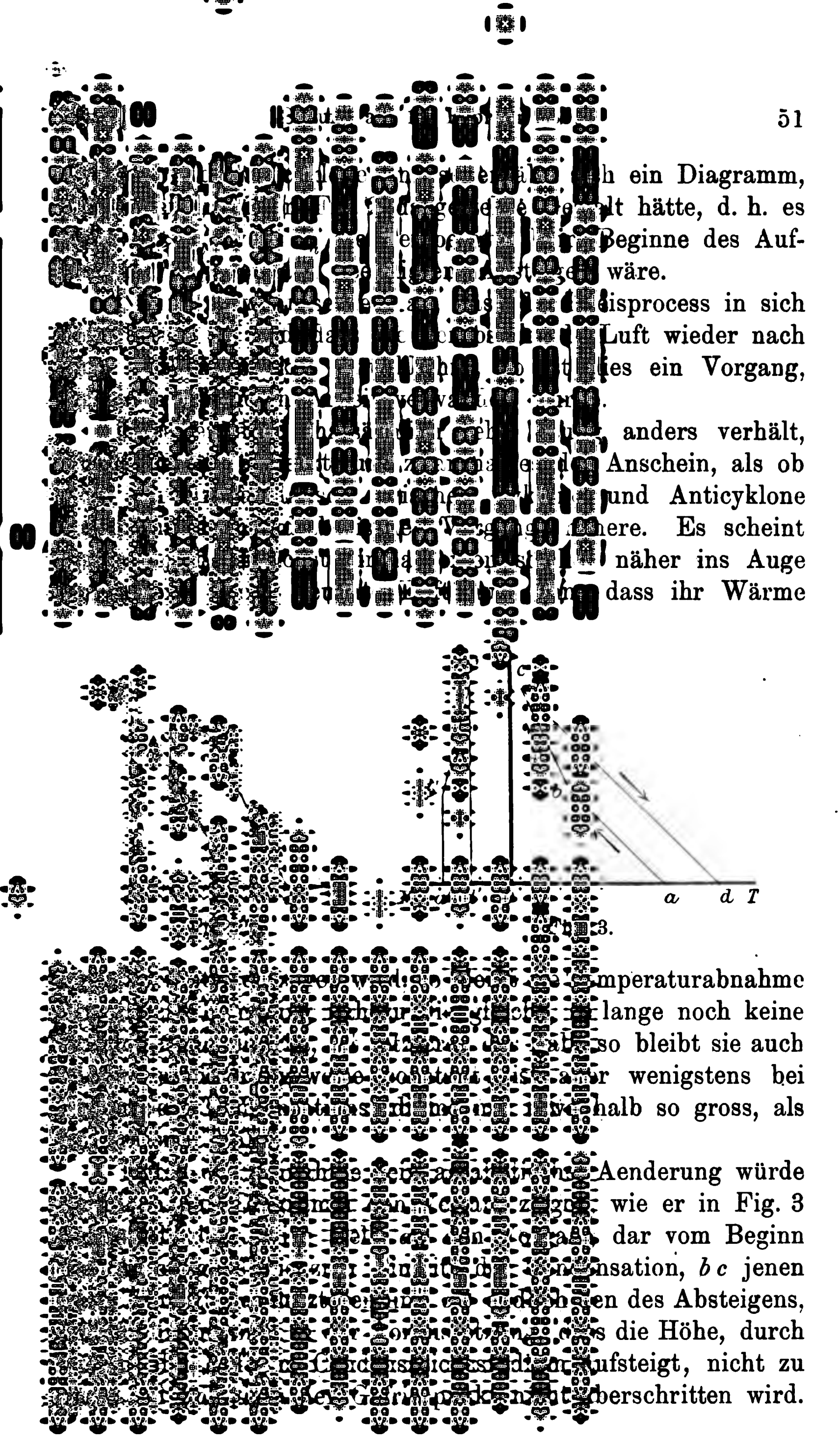
Trägt man die Temperaturen als Abscissen auf, so entspricht das Bild annäherungsweise dem Diagramm, welches H. Hertz zur graphischen Berechnung der bei der adiabatischen Zustandsänderung feuchter Luft auftretenden Formeln ersonnen hat, nur mit dem Unterschiede, dass Abscissen und Ordinaten vertauscht sind, bez. das ganze Diagramm um 90° im Sinne des Uhrzeigers gedreht ist.

Zur Erläuterung verschiedener thermodynamischer Vorgänge wurde die gleiche Art der Darstellung später von W. Morris-Davis und W. Curry [1]) angewendet, nachdem ich selbst einige Jahre früher gezeigt hatte, wie vortheilhaft es ist, derartige Diagramme nicht nur zum graphischen Rechnen, sondern vor allem auch zur Versinnlichung solcher Processe zu benutzen, nur mit dem Unterschiede, dass ich mich eines erweiterten Clapeyron'schen Diagrammes bediente, da dieses einen unmittelbaren Ueberblick über die Arbeitsleistung gibt und auch verhältnissmässig leicht die ausgetauschten Wärmemengen urtheilen lässt. [2])

Wendet man nun die eben geschilderte Art der Darstellung auf den in Fig. 1 dargestellten Luftaustausch zwischen

---

1) W. Morris-Davis u. W. Curry, Am. Met. Journ. **6.** p. 337 ff. 1889.
2) W. v. Bezold, Sitzungsber. der Berl. Akad. p. 1189 ff. 1888.



...h ein Diagramm, ...lt hätte, d. h. es ...Beginne des Auf... wäre.

...isprocess in sich ...Luft wieder nach ...es ein Vorgang, ...

... anders verhält, ... Anschein, als ob ...und Anticyklone ...ere. Es scheint ... näher ins Auge ... dass ihr Wärme

...3.

...mperaturabnahme ... lange noch keine ...so bleibt sie auch ...r wenigstens bei ...halb so gross, als

...Aenderung würde ... wie er in Fig. 3 ... dar vom Beginn ...nsation, *b c* jenen ...en des Absteigens, ... die Höhe, durch ...ufsteigt, nicht zu ...berschritten wird.

Lässt man die erstere Voraussetzung fallen, so tritt an die Stelle der Geraden *b d* eine leicht gekrümmte Linie, die ihre concave Seite dem Coordinatenursprung zuwendet, während Ueberschreiten des Gefrierpunktes eine Knickung zur Folge haben würde.

Ein derartiges nahezu adiabatisches Auf- und Absteigen hat man beim Föhn vor sich, da dort der auf- und absteigende Ast ganz nahe nebeneinander liegen und der ganze Vorgang sich so rasch abspielt, dass die Wärmeaufnahme oder -abgabe kaum in Betracht kommen.

Das Diagramm lässt sich überdies leicht so weit ergänzen, dass man zugleich ein Bild von den Feuchtigkeitsverhältnissen erhält.

Trägt man nämlich die Wassermengen, welche der Masseneinheit trockener Luft in Dampfform beigemischt sind, und die ich kurzweg das „Mischungsverhältniss" nenne und mit x bezeichnen will[1]), nach der negativen Seite hin als Abscissen auf, so erhält man durch das Diagramm $a' b' c' d'$ sofort ein Bild von den Feuchtigkeitsverhältnissen. Man sieht, wie während des Aufsteigens dieses Verhältniss das nämliche bleibt bis zum Eintritt der Condensation, d. h. bis zur Höhe h_b, wie es von da an stetig abnimmt, bis die grösste Höhe h_c erreicht ist, und wie es dann wiederum constant bleibt, bis der Abstieg in der Höhe $h_d = h_a = 0$ seinen Abschluss gefunden hat. Auch springt hier sofort in die Augen, wie die Luft nach erfolgtem Herabsinken relativ viel trockener sein muss, als vor dem Aufsteigen, da $t_d > t_a$ während $x_d < x_a$ ist.

Dieses Diagramm zeigt genau den entgegengesetzten Verlauf, wie das in Fig. 2 dargestellte, das aus der in Fig. 1 versinnlichten Druckvertheilung abgeleitet wurde. Trotzdem schliesst es sich den durch die Beobachtungen gewonnenen Zahlen viel besser an als das erstere. Nicht einmal im Winter, wo es am Grunde der Anticyklone meist viel kälter ist als in der barometrischen Depression, scheint das Diagramm Fig. 2

1) Die Masse Wasser hingegen, welche in der Masseneinheit feuchter Luft in Dampfform enthalten ist, nenne ich „specifische Feuchtigkeit". Welche hervorragende Rolle diese beiden Grössen in der Thermodynamik der Atmosphäre spielen, habe ich in der Zeitschrift für Luftschifffahrt 1894, S. 1 ff. eingehend erörtert.

anwendbar, sondern vielmehr ein solches, wie es in Fig. 4 dargestellt ist, da es nachgewiesenermaassen bei ruhigem, klarem und kaltem Winterwetter schon in sehr mässigen Höhen viel wärmer ist, als unten am Erdboden.

Hiermit werden aber wenigstens für mittlere und höhere Breiten die Voraussetzungen hinfällig, auf welche man bisher die Lehre von dem Luftaustausch zwischen Gebieten hohen und niedrigen Luftdruckes aufgebaut hat. Dass dem so sei, ersieht man auch sofort, wie man die mitgetheilten Diagramme in die Clapeyron'sche Form übersetzt und den specifischen Druck als Ordinate, das specifische Volumen aber als Abscisse einführt.

Alsdann erhält man Diagramme, welche nach Herstellung einer Verbindung zwischen Anfangs- und Endzustand, d. h. nach Vervollständigung zu einem geschlossenen Kreisprocess einen solchen darstellen, bei welchem Arbeit in Wärme, nicht aber Wärme in Arbeit verwandelt wird.

H

0 d a T

Fig. 4.

Da nun alle Energie der Erde in Form von Wärme zugeführt wird, so sind solche Processe, wie man sie in den Cyklonen und Anticyklonen der höheren Breiten vor sich hat, für sich allein nicht möglich, sie müssen vielmehr die zu ihrer Unterhaltung erforderliche Energie aus einer anderen Quelle schöpfen, und als solche hat man den grossen Kreislauf zu betrachten, wie er sich der Hauptsache nach innerhalb der Tropen bis nach den subtropischen Gürteln hin abspielt.

Den Schlüssel zur Erklärung dieser eigenartigen Vorgänge findet man wiederum in dem Verlaufe der Druckflächen vom Aequator bis zu den Polen.

Berechnet man nämlich die Mittelwerthe des Luftdruckes für die einzelnen Parallelkreise und construirt man dann unter Berücksichtigung der Temperaturen die Druckflächen, so findet man für den Durchschnitt dieser Flächen mit einer Verticalebene ein Bild, wie es Fig. 5 darstellt, wobei jedoch der Einfachheit halber der Meridian geradlinig gestreckt gezeichnet und die verticalen Dimensionen ganz ausserordentlich übertrieben sind.

Die unter der Grundlinie stehenden Zahlen bedeuten die geographischen Breiten. Aus dieser Darstellung, die besonders die Verhältnisse der südlichen Halbkugel gut wiedergiebt, ersieht man nun, dass zwischen dem Aequator und den sogenannten Rossbreiten, also innerhalb des Gürtels, der ungefähr zwischen 30° südlicher und 35° nördlicher Breite gelegen ist, die Druckvertheilung thatsächlich dem in Fig. 1 entworfenen Schema entspricht. Die Winde wehen im Durchschnitt an der Erdoberfläche von den beiden Zonen hohen Druckes nach dem mittleren äquatorialen Gürtel niedrigen Druckes hin mit der bekannten, durch die Erdrotation bedingten Ablenkung und fliessen oben nach diesen Zonen zurück.

Von da ab nach den Polen sinken die Druckflächen beständig — von der eigentlichen Circumpolargegend wird hier abgesehen, da aus diesen Gegenden zu wenig Material vor-

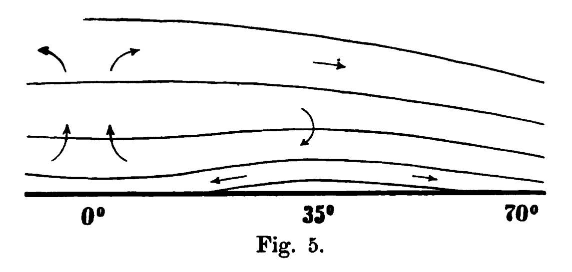


Fig. 5.

liegt — und stellen mithin eine Vertheilung dar, die gar nicht fortbestehen könnte, wenn thatsächlich nur die eingangs betrachteten Kräfte ins Spiel kämen.

Denn nach dem oben entwickelten Satze müssten alsdann über den ganzen Polkappen von unten bis oben polwärts gerichtete Winde wehen, die den niedrigen Druck in den Polargegenden bald zum Verschwinden bringen und damit die Druckflächen heben und eine ganz andere Druckvertheilung erzeugen müssten.

Nun wird aber den polwärts gerichteten Strömen infolge der Erdrotation mehr und mehr eine westliche Richtung ertheilt, sodass die beiden Polkappen wenigstens im Durchschnitt fortgesetzt von westlichen Winden umkreist werden. Hieraus entspringen Centrifugalkräfte, die das Eindringen der Luft in die Polargegenden hindern und durch deren Stau-

wirkung eben die beiden zuerst durch William Ferrel nachgewiesenen Zonen hohen Druckes entstehen.

In den beiden Polkappen aber erfolgt das Zu- und Abströmen von und nach den Polen nicht mehr nach einfachem Schema, sondern hier treiben eben die auf- und absteigenden Ströme ihr Spiel, welche die über uns wegziehenden Cyklonen und Anticyklonen bedingen und uns das Wetter bringen.

In den kräftigen südwestlichen und westlichen Winden, die in den hohen Regionen der Atmosphäre in mittleren und höheren Breiten fast unablässig wehen, ist ein genügender Vorrath von Energie vorhanden, um die Arbeit zu leisten, welche zu einem Luftaustausch nach den in Fig. 3 und 4 entworfenen Schematen erforderlich ist. Die Quelle dieser Energie aber liegt in dem etwa 65 bis 70 Breitengrade umfassenden mittleren Gürtel der Erde, der etwas mehr als die Hälfte der Erdoberfläche bedeckt und im Jahresdurchschnitt beinahe zwei Drittel der gesammten Wärmemenge erhält, welche der Erde durch die Sonnenstrahlen geliefert wird.

Diese Betrachtungen dürften genügen, um zu zeigen, dass die Erklärung der Vorgänge in den unsere Witterungserscheinungen bedingenden, in stetem Wechsel vorüberziehenden Gebieten hohen und niedrigen Luftdruckes lange nicht so einfach ist, als man früher glaubte, und dass die an der Erdoberfläche gesammelten Beobachtungen nicht entfernt genügen, um einen tieferen Einblick in dieselben zu gewinnen.

Dagegen würden diese Fragen endgültig entschieden werden, wenn es gelänge, solche thermodynamische Diagramme, wie sie oben in den Fig. 2, 3 und 4 rein schematisch entworfen wurden, nach zuverlässigen Beobachtungswerthen zu zeichnen.

Zu dem Zweck aber bedarf es genauer Angaben über Temperatur und Feuchtigkeit aus verschiedenen Höhen der Atmosphäre sowie über Windrichtung und Windgeschwindigkeiten. In dieser Hinsicht können die Gebirgsstationen wichtige Beiträge liefern, die eigentlich ausschlaggebenden Zahlen aber darf man nur von Beobachtungen im Luftballon erwarten.

Leider lassen sich die älteren Beobachtungen im Luftballon, wie man sie besonders Engländern und Franzosen

verdankt, in dieser Hinsicht nur wenig verwerthen, da die Temperaturangaben grossentheils mit ganz gewaltigen Fehlern behaftet sind, die sich nicht selten auf 6—8 Grad, in manchen Fällen wohl auf 10—12 Grad belaufen dürften.

Da nämlich der Ballon immer mit dem Winde fliegt und dementsprechend im Ballon, sofern er nicht gerade die Grenzfläche zweier Luftströme durchschneidet, immer Windstille herrscht, so wachsen die Strahlungseinflüsse, die in der reinen und dünnen Luft ohnehin viel bedeutender sind als am Erdboden, ganz ausserordentlich.

Diese Schwierigkeiten sind erst beseitigt, seitdem Hr. Assmann sein Aspirationspsychrometer erfunden und damit ein Instrument geschaffen hat, welches auch bei der stärksten Sonnenstrahlung die wahre Lufttemperatur zu ermitteln gestattet.

Die Erfindung dieses Instrumentes war es auch, welche für Hrn. Assmann den ersten Anstoss gab, zur Wiederaufnahme der früher von Welsh und Glaisher sowie von verschiedenen französischen Forschern ausgeführten wissenschaftlichen Ballonfahrten, für welche überdies heute ganz andere Gesichtspunkte vorliegen als ehedem.

Nachdem theils mit Unterstützung der Akademie der Wissenschaften, theils durch die Hochherzigkeit verschiedener Gönner, unter denen vor allem auch Werner von Siemens zu nennen ist, verschiedene kleinere Freifahrten sowie eine Reihe von Aufstiegen eines mit selbstregistrirenden Instrumenten ausgerüsteten Fesselballons ausgeführt und so reiche Erfahrungen gesammelt worden waren, wurde es durch die Bewilligung beträchtlicher Mittel aus dem Kaiserlichen Dispositionsfonds ermöglicht, den von Hrn. Assmann entworfenen Plan in grossartigem Maassstabe aufzunehmen und durchzuführen.

Die Führung des Ballons lag hierbei meistens in den Händen von Officieren der Königlichen Luftschifferabtheilung, von denen sich besonders der damalige Premierlieutenant, jetzt Hauptmann Gross ganz ausserordentliche Verdienste um die Sache erworben hat, während die Beobachtungen von Herren des meteorologischen Instituts angestellt wurden. Später hat auch Hr. A. Berson, der weitaus die meisten Fahrten mit-

gemacht hat, vielfach ganz allein Freifahrten unternommen, und ist es ihm auch gelungen, zu der äussersten bisher von Menschen erreichten Höhe, d. i. auf 9150 m, vorzudringen, und sichere directe Beobachtungen von dorther mitzubringen.

Die nächst bedeutende Höhe war 7930 m, bis zu welcher die Hrn. Gross und Berson am 11. Mai 1894 emporstiegen, während der unbemannte, nur mit Registririnstrumenten versehene Ballon Cirrus Barometerstände aufzeichnete, welche das eine Mal einer Höhe von 16 325 m, das andere Mal einer solchen von 18 450 m entsprachen.

Hierbei ist noch besonders zu betonen, dass die Berechnung der Höhen noch bedeutend grössere Zahlen ergeben hätte, wenn man hinsichtlich der Temperaturbestimmung auf die früheren mangelhaften Hülfsmittel angewiesen gewesen wäre, und wenn man die Rechnung nicht so genau durchgeführt hätte, als man dies thatsächlich gethan hat.

Abgesehen von den beiden bereits vorweg erwähnten Freifahrten wurden in den Jahren 1888—1895 von dem Deutschen Verein zur Beförderung der Luftschifffahrt, d. h. unter der Oberleitung des Hrn. Assmann, noch weitere 43 ausgeführt und ausserdem noch an 24 Tagen ein mit Registrirapparaten ausgerüsteter Fesselballon in die Höhe gelassen.

Alle diese Fahrten und Aufstiege vertheilten sich auf die verschiedensten Tages- und Jahreszeiten sowie auf die verschiedensten Wetterlagen. Auch wurden sie nach wechselndem Programm bald als eigentliche Hochfahrten, bald als Dauerfahrten mit Beschränkung auf mässigere Höhen, d. h. bis zu 4000 oder 5000 m oder noch weniger ausgeführt. Die Höhe von 5000 m wurde im Ganzen bei 10 Fahrten überschritten.

Mit der Bearbeitung der bei dem Unternehmen gewonnenen Ergebnisse sind jene Herren, welche die Fahrten ausgeführt haben, eifrigst beschäftigt und sollen dieselben dem wissenschaftlichen Publikum in einem grossen Werke zugänglich gemacht werden. Vorläufige Mittheilungen findet man in der Zeitschrift für Luftschifffahrt von V. Kremser in den Jahrgängen 1888—1895. Die oben angedeuteten wichtigsten Schlüsse auf die gesammte Dynamik und Thermodynamik der Atmosphäre können natürlich erst gezogen werden, wenn alle einzelnen Berechnungen beendigt und die gewonnenen Zahlen

unter den verschiedensten Gesichtspunkten zusammengestellt sind.

Immerhin ist es schon jetzt möglich, die nachstehenden, zum Theil recht überraschenden Ergebnisse als gesichert zu betrachten.[1])

1. Die Temperaturen in den höheren Schichten der Atmosphäre sind viel niedriger, als man sie bisher nach den früheren unvollkommenen Bestimmungen annahm, aus welchen man schliessen zu dürfen glaubte, dass sich dieselben mit steigender Höhe asymptotisch einem zwischen -40^0 und -50^0 gelegenen Werthe näherten. Bei der von den Hrn. Gross und Berson ausgeführten Fahrt wurde dagegen schon in einer Höhe von 7000 m eine Temperatur von $-36{,}5^0$, bei der von Hrn. Berson allein unternommenen in einer Höhe von 9150 m eine solche von $-47{,}9^0$ einwurfsfrei festgestellt, während die Registririnstrumente des unbemannten Ballons Cirrus in Höhen von 16 300 m und 18 500 m Temperaturen von -53^0 bez. -67^0 aufgezeichnet haben, Werthe, die übrigens sicherlich noch viel zu hoch sind und erst durch wiederholte Aufstiege berichtigt werden müssen.

2. Die Temperaturabnahme mit der Höhe steigt innerhalb der Grenzen, bis zu welchen die Beobachtungen verbürgt werden können, mit wachsender Erhebung, ganz im Gegensatz mit den früheren Anschauungen, wie sie in den Formeln von Hann und Mendeleef zum Ausdruck gebracht wurden.

3. Dieser rascheren Abnahme in grösseren Höhen steht eine verhältnissmässig geringere zwischen 2000 m und 4000 m gegenüber, die ihre Ursache darin finden dürfte, dass gerade in diesen Schichten vorzugsweise die Condensation des Wasserdampfes erfolgt, was im Einklange mit dem Verlaufe des Stückes *bc* in dem Diagramm Fig. 3 eine solche Verlangsamung der Abnahme nach sich ziehen muss.

4. Die Veränderung der Temperatur mit der Jahreszeit und wohl auch mit der Tageszeit scheint in unseren Gegenden nicht bis 7000 m hinaufzureichen.

5. Die sogenannte Temperaturumkehr während ruhigen klaren Winterwetters oder während klarer Nächte, die man

1) Vgl. Ztschr. f. Luftschifffahrt. Aprilheft 1895.

früher schon im Gebirge beobachtet hat, ist auch in der freien Atmosphäre eine regelmässige Erscheinung, ganz entsprechend dem Stücke *cd* des in Fig. 4 mitgetheilten Diagrammes. Ganz aussergewöhnlich stark war diese Umkehr am 12. Jan. 1894, wo in 700 m Höhe + 10° beobachtet wurden, während die Temperatur der untersten Luftschicht — 6° betrug, die sich in 3500 m wieder vorfanden.

Völlig neu ist die Beobachtung, dass auch in sehr grossen Höhen noch beträchtliche Temperaturumkehr vorkommen kann, und zwar infolge von Uebereinanderlagerung verschieden gerichteter, also aus verschiedener Quelle stammender Luftschichten.

Wenn an der Grenze solcher Schichten Wolkenbildung eintritt, so erfolgt sie in Form von Wogenwolken, wie dies nach den theoretischen Untersuchungen von H. von Helmholtz nicht anders zu erwarten ist.

6. Die Bildung von Haufwolken im Gebiete der barometrischen Depression reichte wiederholt in ungeahnte Höhen hinauf und konnte hierbei mehrfach die nach der Theorie zu erwartende Neigung der oberen Wolkengrenze nach dem Rande der Depression zu nachgewiesen werden.

7. Die Oberfläche einer geschlossenen Wolkenschicht nähert sich sowohl in ihrem thermischen als auch in dem electrischen Verhalten jenem der Erdoberfläche.

8. Im übrigen entsprechen die an der Wolkengrenze angestellten Beobachtungen vollkommen den nach der Theorie zu erwartenden.[1])

9. Aus den freilich nicht sehr zahlreichen luftelectrischen Beobachtungen scheint hervorzugehen, dass das Potentialgefälle mit der Höhe abnimmt, und dass sich das Potential selbst in grösserer Erhebung einer Constanten nähert.

10. Der Wasserdampfgehalt der Luft wurde mehrfach schon in mässigen Höhen ungemein gering d. h. unter 1 Proc. relativer Feuchtigkeit herabgehend befunden.

Ueber die tägliche und jährliche Periode der einzelnen meteorologischen Elemente in verschiedenen Höhen können erst nach Beendigung aller Zusammenstellungen Mittheilungen

1) Vgl. W. v. Bezold, Sitzungsber. der Berl. Akad. p. 380. 1890.

gemacht werden. Auch lässt sich erst dann beurtheilen, mit welchem Grade von Zuverlässigkeit es möglich sein wird, die oben angegebenen Diagramme für den Luftaustausch zwischen Cyklone und Anticyklone zu zeichnen und damit die Dynamik und Thermodynamik dieser Gebilde auf Grundlage von Beobachtungen auszubauen.

Der ideale Fall, dass der Ballon, im Centrum einer Cyklone aufsteigend, die Luftmassen begleitet, um dann mit ihnen im Mittelpunkte der Anticyklone zur Erde herabzusinken, wird sich natürlich sehr schwer jemals verwirklichen lassen. Immerhin wird es möglich sein, durch geschickte Verwerthung und Zusammenfügung der bei den obengenannten Fahrten, sowie anderwärts, also z. B. von dem Münchener Verein für Luftschifffahrt oder vom Hrn. Oberst Pomorzeff in St. Petersburg gewonnenen, freilich lange nicht so reichhaltigen Zahlen die Diagramme für den Luftaustausch zwischen den genannten Gebilden wenigstens mit einem hohen Grade von Annäherung zu entwerfen.

Sowie diese Arbeiten weiter gediehen sind und zu bestimmten Ergebnissen geführt haben, werde ich nicht versäumen, von dieser Stelle aus wiederum Bericht zu erstatten.

Ueber electrische Auflösung und Abscheidung von Kohlenstoff;

von Alfred Coehn.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 14. Februar 1896.)

(Vgl. oben p. 42).

---

1. Es ist bisher nicht versucht worden, Kohle-Ionen in den Bereich des FARADAY'schen Gesetzes zu ziehen. Gelänge das, so würde erstlich das Problem der directen Electricitätsgewinnung aus Kohle seine einfachste Lösung finden können durch Construction eines Elements, dessen positive Electrode Kohle wäre und ferner würde sich der organischen Chemie damit die Aussicht eröffnen, Kohlenstoff in organische Substanzen auf electrolytischem Wege einführen und sie ebenso davon befreien zu können.

Bei dem Versuch, die Frage zu beantworten, ob Kohle Ionen bilden könne, bin ich von einer Beobachtung ausgegangen, welche BARTOLI und PAPASOGLI mittheilen, dass nämlich bei der Electrolyse verdünnter Schwefelsäure zwischen Kohle-Electroden eine Antheilnahme der Kohle-Anode an dem electrolytischen Vorgange stattfindet, derart, dass an einer solchen Anode neben Sauerstoff noch Kohlenoxyd und Kohlensäure auftreten. Ich habe nun zunächst versucht, die in Betracht kommenden Factoren, Concentration, Temperatur und Stromdichte so zu variiren, dass an der Anode überhaupt kein Sauerstoff mehr, sondern lediglich die Verbrennungsproducte der Kohle auftraten. Es gelang dabei nicht, Kohlensäure oder Kohlenoxyd allein zu erhalten, wohl aber ein Gemisch beider, welches nur mehr etwa 1 Proc. Sauerstoff enthielt. In demselben waren bis zu 70 Proc. Kohlensäure und etwa 30 Proc. Kohlenoxyd.

2. Bei diesen Versuchen wurde beobachtet, dass in niederen Temperaturen eine Disaggregation der Kohle-Anoden stattfand, wobei suspendirte Kohletheilchen sich in der Säure zeigten. Bei höheren Temperaturen dagegen fand eine solche Disaggregation der Kohle nicht statt, dagegen trat eine deut-

liche Färbung der Säure ein. Zuerst gelb und bei längerer Versuchsdauer dunkelroth und rothbraun. War dies eine durch den Strom erfolgte Lösung der Kohle, so war darin die Kohle vermuthlich in Form von Ionen enthalten, d. h. in einer von der Richtkraft des Stromes beeinflussbaren Form. Eine solche Lösung muss dann auch geeignet sein, Kohlenstoff, da dieser ja Wasser nicht zersetzt, an der Kathode wieder abzugeben. Wurde also unter Beibehaltung der Kohle-Anode eine Kathode aus Platin in dieser Lösung verwendet, so schlug sich auf derselben Kohle gleichwie ein Metall nieder. Dabei zeigte die — bei richtiger Wahl der Stromdichte — äusserst glatt und dicht auftretende Kohle zuerst prachtvoll die Farben dünner Blättchen, um später schwarz graphitisch zu erscheinen. — Die Versuche, Lösung und Niederschlag zu erhalten, ergaben die gleichen Resultate bei Anwendung verschiedener Kohlesorten als Anoden. Insbesondere fanden Verwendung geschliffene Naturkohle und homogene Bogenlampenkohle; auch mit Stücken von Hochofencoaks wurden die Versuche durchgeführt. (Es wird eine Reihe von mit Kohle überzogenen Platinplatten vorgelegt, ebenso eine Platinschale, wie sie nach CLASSEN zur quantitativen Analyse auf electrolytischem Wege benutzt wird; dieselbe zeigt innen einen dichten Kohleüberzug.)

Dass der Niederschlag wirklich Kohle und kein Metall war, welches etwa aus Verunreinigungen der Kohle-Anoden herrühren mochte, wurde zunächst durch sein Verhalten gegen Säuren erwiesen. In Salzsäure zeigte er sich unangreifbar, in kochender Salpetersäure war er in Spuren löslich — was an die colorimetrische Kohlenstoffprobe im Stahl erinnert. In der Flamme verflüchtigen sich selbst stärkere Niederschläge sofort und vollständig. Endlich wurde noch der directe Beweis in der Art geführt, dass die niedergeschlagene Kohle auf die bekannte Art, wie man den Kohlenstoff des Eisens bestimmt, durch Chromsäure verbrannt und die entstandene Kohlensäure von Natronkalk absorbirt und gewogen wurde. Ferner wurde eine Elementaranalyse ausgeführt. Diese ergab neben Kohlenstoff stets noch Wasserstoff. Der Rest — wie üblich als Sauerstoff gerechnet — ergänzte den gefundenen Wasserstoff zu Wasser. Entweder also war neben Kohlenstoff ein festes

leitendes Kohlehydrat abgeschieden, oder aber es haftete dem abgeschiedenen Kohlenstoff eine Art Krystallwasser mit grosser Zähigkeit an. Dem Wassergehalt entsprach auch das Verhalten gegen concentrirte Schwefelsäure. Tropft man diese auf den Niederschlag, welcher noch die Farben dünner Blättchen zeigt, so tritt augenblicklich eine Auflockerung und Schwarzfärbung des Niederschlages ein, welche an das Verhalten der concentrirten Schwefelsäure gegen Kohlehydrate erinnert.

3. Es war nun von Interesse, zu versuchen, ob sich ein Element construiren liesse, dessen Lösungselectrode aus Kohle bestände. Es handelte sich nur mehr darum, der Kohle eine noch electronegativere Electrode gegenüberzustellen. Jenseits der Kohle stehen am negativen Ende der Spannungsreihe noch die Superoxyde. Es wurde Bleisuperoxyd verwendet — in der Form einer geladenen Accumulatorplatte. Wird diese einer in heisser Schwefelsäure befindlichen Kohle-Electrode gegenübergestellt, so hat man ein Element, welches einen starken und constanten Strom zu liefern im Stande ist. Das Element zeigt, durch 100 Ohm geschlossen, die Spannung von 1,03 Volt.

Es entsteht hier die Frage, ob überhaupt ein Antheil und welcher Antheil der Stromentwickelung den Vorgängen an der Kohle zufällt. Auch Platin, in Schwefelsäure einer Bleisuperoxydelectrode gegenübergestellt, zeigt eine Wirkung auf das Galvanometer im selben Sinne wie Kohle. Bis zu einer sichtbaren Sauerstoffentwickelung am Platin kommt es jedoch nicht. Sobald das Platin mit Sauerstoff beladen ist, wird die Wirkung auf das Galvanometer verschwindend klein. Natürlich ist die Wirkung platinirten Platins von längerer Dauer.

Würde Kohle ebenfalls nur als unlösliche Anode wirken, so müsste der Vorgang hier wie dort mit wachsender Sauerstoffbeladung zu Ende gehen. Dies ist jedoch nicht der Fall.

Der Stromübergang währt, bis das Bleisuperoxyd der Accumulatorplatte sich in Bleisulfat verwandelt hat. Eine frisch geladene Bleisuperoxydplatte an Stelle der entladenen führt wieder einen Stromübergang in der früheren Stärke herbei.

Die in dieser vorläufigen Mittheilung enthaltenen Resultate sind:

1. Es ist möglich, auf electrolytischem Wege eine Lösung von Kohle herzustellen.

2. Aus einer solchen Lösung lässt sich Kohle als Kation abscheiden.

3. Es ist ein Element herstellbar, dessen Lösungselectrode aus Kohle besteht.

Die magnetische Induction horizontaler, im Erdfelde rotirender Scheiben;
von F. F. Martens.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 28. Februar 1896.)

(Vgl. oben p. 42.)

Der Vortragende hat die Untersuchung im hiesigen Physikalischen Institute auf Anregung und unter der Leitung Hrn. Prof. Warburg's ausgeführt.

§ 1. Die Susceptibilität $\varkappa$, d. h. das Verhältniss der Intensität der Magnetisirung zu der magnetisirenden Kraft, wurde für mehrere kreisrunde, im Erdfelde um ihre verticale Axe rotirende Scheiben nach der ballistischen Methode bestimmt. Für eine Scheibe kam auch die magnetometrische Methode zur Anwendung; die Scheibe rotirte während der Messung, sodass remanente Magnetisirung das Resultat nicht beeinflussen konnte. Zur Berechnung sei noch bemerkt, dass sämmtliche Scheiben eine im Verhältniss zum Durchmesser geringe Dicke besassen und deshalb als Rotationsellipsoide aufgefasst werden konnten. Die wahre magnetisirende Kraft, d. h. die Differenz der äusseren Feldkraft (der Horizontalcomponente) und der von der Magnetisirung der Scheiben im Innern erzeugten magnetischen Kraft war für die verschiedenen Scheiben verschieden; die Werthe lagen zwischen 0,04 und 0,15 C. G. S.-Einheiten. Für diese Werthe der magnetisirenden Kraft gelten die Werthe von $\varkappa$, welche die Tabelle am Schluss der Mittheilung angiebt.

§ 2. Die Hysteresis äussert sich hier darin, dass die magnetische Axe der rotirenden Scheiben nicht mit der Feldrichtung zusammenfällt, sondern im Sinne der Rotation gegen diese um einen gewissen Winkel verschoben wird, der Hysteresisablenkung heissen soll. Bei der Messung der Hysteresisablenkung ist eine wichtige Vorfrage die, ob dieselbe von der Geschwindigkeit der Rotation abhängt. Diese Frage besitzt eine wichtige principielle Bedeutung und ist identisch mit der Frage, ob die in einem magnetischen Kreisprocesse

vergeudete Energie oder der Arbeitswerth der Hysteresiscurve von der Schnelligkeit abhängt, mit welcher der Kreisprocess durchlaufen wird.

Zur experimentellen Prüfung dieser Frage wurde die obere Nadel eines sehr leichten astatischen Nadelpaares in dem Meridian und zwar in der Ebene der Scheibe aufgehängt. Die durch die Hysteresisablenkung bedingte Ablenkung des Nadelpaares bei Umkehrung der Rotationsrichtung, also auch die Hysteresisablenkung, erwies sich als vollkommen unabhängig von der Geschwindigkeit der Rotation, wenn diese von 200—2,5 Umdrehungen in der Secunde variirt wurde. Ist

M das Moment einer Scheibe (d. h. das Product aus Volumen und Intensität der Magnetisirung),

H die Intensität des äusseren Feldes, in welchem die Scheibe rotirt,

HA die Hysteresisablenkung, so ist das der Rotation entgegenwirkende Drehungsmoment

$$MH \sin HA,$$

folglich

$$2\pi MH \sin HA$$

die bei einer Umdrehung zu leistende Arbeit. Da zwischen den Grenzen 2,5 und 200 der Umdrehungszahl die Hysteresisablenkung HA constant ist, und wie in § 4 gezeigt werden wird, auch das Moment M, so ist innerhalb dieser Grenzen auch die bei einer Umdrehung zu leistende Arbeit von der Umdrehungszahl unabhängig.

Mit den Resultaten der verschiedenen Beobachter, die nach dem Vorgange der Hrn. WARBURG und L. HÖNIG[1]) die Frage untersucht haben, ob die in einem Kreisprocesse vergeudete Energie von der Wechselzahl desselben abhängt, ist das obige Ergebniss nicht direct vergleichbar, da es sich auf magnetisirende Kräfte von ganz anderer Grössenordnung bezieht.

§ 3. Zur Messung der Hysteresisablenkung wurden zwei Methoden benutzt. Bei der einen, nur auf grössere Scheiben anwendbaren, wurde das vollkommen astasirte Nadelpaar senkrecht über der zu untersuchenden rotirenden Scheibe

---

1) E. WARBURG u. L. HÖNIG, Wied. Ann. 20. p. 814. 1883.

aufgehängt; die bei Umkehrung der Rotationsrichtung beobachteteSystemablenkung war also gleich der doppelten Hysteresisablenkung. Bei der anderen, für kleinere Scheiben passenden Methode wurde die obere Nadel in dem Meridian und zwar in der Ebene der Scheiben aufgehängt; das Drehungsmoment, welches infolge der Hysteresisablenkung die Scheibe auf das System ausübte, wurde durch ein bekanntes Drehungsmoment, welches eine kleine, stromdurchflossene Spule ausübte, compensirt.

Aus den für die verschiedenen Scheiben gefundenen Werthen der Hysteresisablenkung, welche die Tabelle giebt, geht folgende merkwürdige Thatsache hervor: In magnetischen Kreisprocessen, in welchen die Grenzen der magnetisirenden Kraft etwa $\pm$ 0,1 C. G. S.-Einheiten sind, zeigen Stahl und Nickel viel weniger magnetische Hysteresis als Eisen; hartes Eisen zeigt weniger als weiches; ferner scheint die Hysteresisablenkung mit zunehmender Intensität der Magnetisirung zu wachsen, wie die beiden Werthe für das Decap. Eisenblech zeigen.

§ 4. Um die Abhängigkeit der Intensität der Magnetisirung bez. des Momentes der verschiedenen Scheiben von der Umdrehungszahl zu prüfen, wurde die obere Nadel südöstlich vom Meridian der Scheibe in die Ebene der Scheibe gebracht, sodass die Scheibe eine beträchtliche Ablenkung des astatischen Systems hervorrief. Diese Ablenkung und damit die Intensität der Magnetisirung bez. das Moment erwies sich als vollkommen unabhängig von der Umdrehungszahl, wenn diese von 200—2,5 variirt wurde.

Wurden die Scheiben langsam in verschiedene Stellungen von gleichem Winkelabstand gedreht, so war das arithmetische Mittel aus den nach einiger Zeit beobachteten Ablenkungen stets grösser als die Ablenkung bei schnell rotirender Scheibe, d. h. die Magnetisirung aller Scheiben nahm zu, wenn die Umdrehungszahl kleiner wurde als 2,5. Grösser als dieser Zuwachs $(J_2 - J_1)/J_1$ der Magnetisirung ist der Zuwachs $(\varkappa_2 - \varkappa_1)/\varkappa_1$ der Susceptibilität, da die wahre magnetisirende Kraft abnimmt, wenn die Magnetisirung zunimmt. Die Werthe für die verschiedenen Scheiben giebt die Tabelle; besonders auffällig sind die grossen Werthe dieser Zunahme bei sogenanntem Walzeisen.

Diese Erscheinungen entsprechen denjenigen, welche weiches ausgeglühtes Eisen zeigt, wenn eine schwache magnetisirende Kraft nicht der Richtung, sondern der Grösse nach geändert wird. Diese Erscheinungen sind von Hrn. J. A. Ewing [1]) nach einer schon vorher von Lord Rayleigh angegebenen Methode in grundlegender Weise untersucht worden.

		$\varkappa$	Hysteresis-ablenkung	$\frac{J_2 - J_1}{J_1}$	$\frac{\varkappa_2 - \varkappa_1}{\varkappa_1}$
Geglüht. Decap. Eisenblech	grosse Scheibe	20,1	1° 26′ 30″	—	—
	kleine „	11,8	1 15	3,3%	11,3%
Ankerkern Siem. u. H.		11,1	2 43 30	3,4	7,7
„ gehämmert		14,1	1 49 50	0,5	1,2
Holzkohlenblech		9,0	1 4 35	0,9	4,5
„ geglüht		—	—	0,8	—
Gehärteter Werkzeugstahl		5,7	6 35	0,2	0,4
Geglühtes Nickelblech		1,8	8 25	0,4	0,6
Walzeisen		—	—	24,1	73,4

1) J. A. Ewing, Magnetische Induction in Eisen und verwandten Metallen. Deutsche Ausgabe von Holborn und Lindeck p. 120 ff. 1892.

Ueber eine Methode zur Bestimmung der Dielectricitätsconstanten fester Körper; von H. Starke.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 28. Februar 1896.)

(Vgl. oben p. 42).

Die von dem Vortragenden vorgeschlagene Methode zur Messung der Dielectricitätsconstanten isolirender fester Körper ist analog der Schwebemethode zur Bestimmung des specifischen Gewichts fester Körper. Sie gründet sich darauf, dass, wenn in einem electrischen Felde das einen Raumtheil erfüllende, nichtleitende Dielectricum 1 durch ein anderes 2 ersetzt wird, der Kraftlinienverlauf nur dann ungeändert bleibt, wenn 2 dieselbe Dielectricitätsconstante wie 1 besitzt. Ist nun die Dielectricitätsconstante von 1 in hinreichend weiten Grenzen zu variiren, so kann man einen solchen Fall für verschiedene Media 2 stets realisiren und so die Dielectricitätsconstante von 2 durch Bestimmung derjenigen von 1 ermitteln. Dies Princip ist auf sehr verschiedene Methoden anwendbar. Bei der zu beschreibenden wird der feste Körper zwischen die Platten eines Flüssigkeitscondensators gebracht, und die Dielectricitätsconstante der diesen erfüllenden Flüssigkeit so lange durch Hinzumischen einer zweiten geändert, bis die Einführung des festen Körpers keine Capacitätsänderung mehr bewirkt. Dann ist die Dielectricitätsconstante desselben gleich derjenigen der Flüssigkeit, und darauf nur noch die letztere zu bestimmen.

Zur Ausführung der Messungen wurde die von Nernst[1])

---

1) Nernst, Zeitschr. f. physik. Chemie 14. p. 622. 1894.

für Flüssigkeiten ausgearbeitete Methode angewandt, welche die Bequemlichkeit bietet, dass nach Abgleichung des festen und des flüssigen Mediums gleich mit derselben Anordnung die Dielectricitätsconstante des letzteren bestimmt werden kann.

Als zu mischende Flüssigkeiten können alle dienen, welche nicht leiten, und welche sich in jedem Verhältniss ohne chemische Veränderung mischen lassen. Für Bestimmungen von Dielectricitätsconstanten bis ca. 4,2 sind als Flüssigkeiten niedriger Dielectricitätsconstanten Benzol, Xylol, Benzin, als solche höherer Aether, Anethol geeignet, für die Messung höherer Dielectricitätsconstanten ein Gemisch von Benzol und Aethylenchlorid (Dielectricitätsconstante = 11,31 bei 0°).

In der folgenden Tabelle ist eine mit dem letzteren Gemisch an einer Sylvinplatte vorgenommene Bestimmung als Beispiel angeführt. Die erste Columne gibt die Dielectricitätsconstante des jeder Reihe entsprechenden Gemisches, die zweite die durch Einführung der Sylvinplatte in den Flüssigkeitscondensator jedesmal bewirkte Verschiebung der Glasplatte des Messcondensators in Millimetern. Diese sind mit negativem Vorzeichen versehen, wenn sie in Richtung der Capacitätsvergrösserung, mit positivem, wenn sie in umgekehrter Richtung stattfinden.

Dielectricitäts-constanten	Millimeter
2,24	− 10,9
3,07	− 4,8
4,79	− 0,7
4,88	− 0,3
4,99	0,0
5,12	+ 0,4
5,25	+ 0,7

Der Werth der Dielectricitätsconstante des Sylvins ergibt sich hieraus gleich 4,99. Durch Interpolation aus den nächstliegenden Werthen erhält man 4,98.

Die Tabelle gibt auch einen Einblick in die Genauigkeit

der Methode. Die Werthe der Dielectricitätsconstante des vorhergehenden (4,88) und des folgenden (5,12) Gemisches weichen von dem erhaltenen Werth 4,99 um etwa 2 Proc. ab. Diese Abweichung liess sich aber noch deutlich wahrnehmen. Verschiedene Messungen an derselben Platte eines festen Körpers zeigen Abweichungen, die in der Regel 1 Proc. nicht übersteigen.

Damit kleine Aenderungen in der Capacität des Flüssigkeitscondensators noch Verschiebungen der Glasplatte des Messcondensators zur Folge haben, empfiehlt es sich, die Verzweigungswiderstände w_1 und w_2 der WHEATSTONE'schen Brückenanordnung verschieden zu machen. Ist w_2 doppelt so gross als w_1, so muss, da die Bedingung für die Stromlosigkeit der Brücke $w_1 : w_2 = c_2 : c_1$ ist, einer Capacitätsänderung von c_2 eine doppelt so grosse von c_1 entsprechen. Doch darf hier nicht über ein gewisses Maass hinausgegangen werden; bei grösserem Verhältniss $w_2 : w_1$ ist es nämlich nicht mehr möglich, die Glasplatte des Messcondensators auf $^1/_{10}$ mm genau einzustellen, da so kleine Verschiebungen derselben das Gleichgewicht in der Brücke nicht mehr merklich stören.

NERNST empfiehlt, die Verzweigungswiderstände gleich zu machen, da Capacitätsverschiedenheiten derselben störend einwirken. Um zu untersuchen, ob die genannten Verschiedenheiten von w_1 und w_2 bei der hier angewandten Anordnung schon solche Störungen veranlassten, wurden Bestimmungen der Dielectricitätsconstante einer und derselben Flüssigkeit bei verschiedenen Verhältnissen $w_2 : w_1$ ausgeführt. Die Werthe zeigten hier nicht in Betracht kommende Abweichungen (0,1 bis 0,3 Proc.).

Anlass zu Fehlern würde dagegen ein verschiedenes Leitvermögen des festen und des flüssigen Mediums geben. Ist der Flüssigkeitscondensator nur mit einer Flüssigkeit gefüllt, so kann man deren Leitung auf die bekannte von NERNST angegebene Weise compensiren. Dies ist aber hier nicht mehr gestattet. Es ist klar, dass, wenn beide Media ein verschiedenes Leitungsvermögen besitzen, an der Grenze dieser Medien Ladungen sich bilden müssen, die auf die Capacität des

Flüssigkeitscondensators verändernd einwirken. Deswegen sind Flüssigkeiten, wie Alkohol, Anilin, deren Brauchbarkeit ihrer hohen Dielectricitätsconstante wegen erwünscht wäre, nicht anzuwenden. Auch das Aethylenchlorid besitzt ein Leitvermögen, welches eine Compensation mit dem capillaren Theil des NERNST'schen Compensators erfordert. Doch ist dieses noch so gering (ca. 10^{-13}), dass es nicht störend wirkt. Man erkennt dies daran, dass Bestimmungen der Dielectricitätsconstante eines und desselben festen Körpers bei Anwendung verschieden leitender Flüssigkeiten — von Leitfähigkeiten, die noch gar keine Compensation erfordern, an bis zu solchen, die weit über der des reinen Aethylenchlorids liegen (ca. $6 . 10^{-13}$) — stets dasselbe Resultat ergaben. Die Leitfähigkeit des Gemisches von Aethylenchlorid und Benzol nimmt mit steigendem Benzolgehalt stetig ab.

Der Bereich der Anwendbarkeit der Methode auf isolirende feste Körper ist beschränkt durch die Grösse der Dielectricitätsconstante der anzuwendenden Flüssigkeiten. Die untere Grenze ist etwa 2,2, die obere etwa 10. Sie wird wohl nur von wenigen festen Körpern überschritten.

Die Vortheile der vorgeschlagenen Methode sind erstens, dass schon mit verhältnissmässig wenig Material, nämlich einer Platte von ca. 3 qcm Grösse, die Dielectricitätsconstante desselben bestimmt werden kann, dann aber besonders, dass es auf geometrische Form und Beschaffenheit der Oberfläche des festen Körpers nicht ankommt, also ein Anschleifen an die Condensatorplatten oder eine Messung der Plattendicke und des Abstandes der Condensatorplatten fortfällt. Zu genauer Bestimmung am geeignetsten sind dünne Platten des festen Körpers (ca. 1—2 mm dick), weil dann die Platten des Flüssigkeitscondensators, welche am besten in jedem Fall soweit voneinander abstehen, dass sie den festen Körper gerade berühren, einander nahe, und so die Capacität selbst, wie auch ihre Aenderungen relativ gross sind.

Die folgende Tabelle gibt erhaltene Werthe der Dielectricitätsconstanten einiger fester Körper mit den daraus berechneten Mittelwerthen. Die unter I, II, III angegebenen Zahlen sind an verschiedenen aus einem grösseren Stück des festen Körpers hergestellten Platten erhalten. Verschiedene Messungen

an einer und derselben Platte zeigen Abweichungen derselben Grösse.

	I	II	III	Mittel
Sylvin (Spaltplatte)	4,99	4,88	4,94	4,94
Steinsalz (Spaltplatte)	5,28	5,30	5,29	5,29
Gyps (Spaltplatte)	5,03	5,00	5,09	5,04
Ebonit	2,77	2,82	2,80	2,80
Schwefel (gegossen)	3,82	3,88	3,90	3,87

Ueber Aufnahmen mit Röntgen-Strahlen im physikalischen Verein zu Frankfurt a. M.; von Walter König.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 28. Februar 1896).

(Vgl. oben p. 42).

Bei meinen Bemühungen, die Röntgen'schen Versuche zu wiederholen, hat sich die von Prof. Himstedt im vergangenen Jahre [1]) beschriebene Anordnung für Versuche mit Tesla-Strömen als besonders leistungsfähig erwiesen. Das benutzte Inductorium ist ein Stöhrer'sches mit senkrecht stehenden Spulen. Die primäre Spule hat ca. 600 Windungen. Der Quecksilberunterbrecher ist durch einen Deprez-Interruptor von Klingelfuss in Basel ersetzt. Die secundäre Spule hat 78000 Windungen, die eine Rolle von 26 cm Länge und 12 cm Durchmesser bilden. Mit 10 Accumulatoren (20,7 Volt) betrieben, gibt das Inductorium zwischen Zinkelectroden Funken von 3,5 cm Maximallänge bei einem mittleren Stromverbrauch von 1,2 Amp. An diese Funkenstrecke wurden auf jeder Seite zwei grosse Leydener Flaschen von 18 cm Durchmesser mit 26 cm hohen Belegungen angeschlossen. Die Innenflächen waren mit dem Inductorium und der Funkenstrecke verbunden, die äusseren Belegungen waren durch Paraffinklötze isolirt und untereinander durch die primäre Spule des Tesla-Transformators verbunden. Dieser letztere ist ziemlich genau nach den Angaben Himstedt's gebaut. Zwischen die Enden der secundären Spule des Transformators wurde die Vacuumröhre eingeschaltet. Bei dieser Anordnung betrug die maximale Funkenstrecke des Inductoriums zwischen den Zinkelectroden nur noch 2,5 mm. Die Funkenstrecke wurde so eingestellt, dass bei möglichst gleichmässigem Funkenspiel die vom Transformator zur Röhre führenden Drähte mit möglichst intensiver Büschelentladung bedeckt waren. Beobachtungen mit dem Baryumplatincyanür-Schirme lehrten, dass alsdann das Maximum der Wirkung der Röntgen-Strahlen erreicht war.

---

1) Himstedt, Wied. Ann. 52. p. 473. 1894.

Als Röhre zur Erzeugung der Röntgen-Strahlen wurde ausschliesslich eine grössere kugelförmige Röhre von Goetze in Leipzig benutzt, die dazu bestimmt war, die Wärmewirkung der Kathodenstrahlen zu zeigen. Sie hat oben eine kleine, ebene, unten eine grosse hohlspiegelartige Electrode, in der Mitte ein von einem Glasarm getragenes Platinblech, das im Brennpunkte der Kathodenstrahlen liegt, wenn diese von dem Hohlspiegel ausgehen. Direct an das Inductorium angeschlossen, zeigte die Röhre anfangs bei passender Stromrichtung ein lebhaftes Glühen des Platinbleches, zugleich lebhafte Fluorescenz des Glases und ziemlich starke Röntgen-Wirkung. Angeschlossen an den Tesla-Transformator zeigte sie bei keiner Stromrichtung ein Glühen des Platinbleches, wohl aber sehr starke Fluorescenz des Glases und entsprechend starke Wirkung von Röntgen-Strahlen; letztere geht am intensivsten vom unteren Theil der Röhre aus, von dem Raume zwischen dem Platinblech und der Hohlspiegelelectrode. Nach mehrwöchentlicher, andauernder Benutzung mit dem Tesla-Transformator hat die Röhre ihre Eigenschaften insofern geändert, als sie sich heute direct mit dem Inductorium nur noch schwach erregen lässt. Sie gibt unter denselben Verhältnissen, wie früher, kein Glühen des Platinbleches mehr, zeigt nur noch matte Fluorescenz des Glases und so gut wie gar keine Fluorescenz durch Röntgen-Strahlen. Dagegen lässt sie sich mit dem Tesla-Transformator heute noch ebenso gut wie früher zu starker Röntgen-Wirkung erregen. Diese Röhre besitzt für die Aufnahmen den grossen Vorzug, nicht nur eine starke, sondern vor allem eine nahezu punktförmige Quelle von Röntgen-Strahlen zu sein. Dafür zeugt vor allem die Schärfe der erhaltenen Bilder, die sämmtlich ohne Blende in einer Entfernung von 20—25 cm von der Röhre aufgenommen sind. Ausserdem wurde zur genaueren Feststellung der Lage des Projectionscentrums noch ein besonderer Versuch angestellt. Ein Bleischirm mit mehreren Löcherreihen wurde in 25 cm Entfernung vor der Röhre aufgestellt, in 8,5 cm Entfernung hinter ihm eine Cassette mit photographischer Platte. Das von den Röntgen-Strahlen auf der Platte entworfene Bild des Schirmes mit den Löchern wurde aufgenommen, die Platte entwickelt, fixirt und getrocknet und dann genau an ihre frühere Stelle

zurückgebracht. Man konnte nun durch die Bilder der Löcher und die zugehörigen Löcher selbst nach der Kugelröhre visiren; alle diese Richtungen trafen ungefähr die Mitte des im Mittelpunkte der Röhre befindlichen Platinbleches. [1])

Mit dieser Röhre sind bis jetzt schon etwa 80 Aufnahmen der verschiedensten Art gemacht worden, von denen etwa die Hälfte aus ärztlichem Interesse unternommen worden sind. Es wurden aufgenommen Hände in 3—5 Minuten, Arme in 15 Minuten, Füsse in 8—9 Minuten, Unterschenkel in 30 Minuten, Kieferpartien mit Zähnen 5—9 Minuten. Alle diese Aufnahmen wurden auf Platten der SCHLEUSSNER'schen Fabrik gemacht. Orthochromatische Platten zeigten gegenüber den gewöhnlichen Platten keine höhere Empfindlichkeit. Die vorliegenden Copien sind von der neuen photographischen Gesellschaft in Berlin nach dem Rotationsverfahren auf Brombarytpapier hergestellt.

---

1) Zusatz beim Druck: Ob für die besondere Wirksamkeit dieser Röhren die Concentrirung der Kathodenstrahlen auf das Platinblech oder vielleicht die Kugelform der Röhre ausschlaggebend ist, darüber war ich anfangs in Zweifel. Alle weiteren Erfahrungen aber, sowohl meine eigenen, als auch diejenigen von Hrn. Prof. RÖNTGEN selbst, haben dahin entschieden, dass die Bestrahlung des Platinbleches dieser Röhre ihr besondere Vorzüge verleiht. (30. April 1896.)

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 15. Nr. 3.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

Sitzung vom 15. Mai 1896.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **A. Paalzow** gedenkt des Verlustes, den die Gesellschaft durch den Tod ihres langjährigen Mitgliedes

Hermann Hänsch

geb. 14. April 1832 gest. 7. Mai 1896

erlitten hat. Nachdem er erwähnt, dass der Verstorbene seine Lehre als Mechaniker hier in Berlin bei Langhoff bestanden und dann behufs weiterer Ausbildung in Paris bei Hoffmann und in London bei Ross & Co. gearbeitet hat, fährt er mit folgenden Worten fort:

Ich lernte H. Hänsch kennen, als eben Kirchhoff und Bunsen ihre Apparate für die Spectralanalyse erdacht hatten. In einer Privatversammlung vertrat ich die Theorie, er die Praxis. Er bekam sofort eine Menge Bestellungen auf Spectralapparate.

Im Jahre 1864 wurde die Firma Franz Schmidt & Hänsch gegründet; damit war für Hänsch verbunden, dass er sich der Specialität der Herstellung von Polarisationsapparaten mit Eifer zuwandte. Geheimrath Landolt würde darüber berichten können, bis zu welch hohem Grad der Vollkommenheit diese Apparate unter Beihülfe von Hänsch gebracht wurden.

Sehr häufig hatte ich mit Hrn. Hänsch über Verbesserungen alter invalid gewordener Apparate zu verhandeln; das geschah einst bei einem Projectionsapparat von Duboscq. Es ergab sich, dass an dem nicht viel zu helfen war, und so entschlossen wir uns, eine optische Bank zu bauen, die von der Firma dann in vielen Exemplaren ausgeführt ist.

Den Hrn. Geheimrath v. Helmholtz und Prof. König ist er hülfreich an die Hand gegangen bei der Construction verschiedener Spectralapparate und den Hrn. Prof. Lummer und Brodhun bei der Einrichtung ihrer neuen Photometer.

Sie sehen aus diesen Beispielen, dass Hr. Hänsch sich für die Wissenschaft der Physik lebhaft interessirte, wir sehen ihn überall in seiner Weise thätig, wo es etwas Neues für die Physik gab. Infolge seiner wissenschaftlichen Richtung wurde er auch Mitglied unserer Gesellschaft.

Leider vernimmt Hr. Hänsch nicht mehr, was die Nachwelt von ihm hielt. Ich habe ihn bei Lebzeiten gern gelobt und ihm oft gesagt, dass er mir ein lieber treuer Berather sei.

Seinen nächsten Verwandten wird es in ihrer tiefen Trauer vielleicht einigen Trost gewähren, wenn sie erfahren, dass sein geachteter Name in den Geschichtsbüchern der Physik für immer aufbewahrt bleibt.

Dem jungen Nachwuchs der Mechaniker möge er ein leuchtendes Beispiel sein, wie die deutsche Physik nur dann auf immer grössere Höhe kommen kann, wenn Wissenschaft und Technik Hand in Hand arbeiten.

In Ihrer aller Namen glaube ich es aber aussprechen zu dürfen, dass dem verstorbenen Hrn. Hänsch in unserem Gedächtniss ein rechtes Gedenken blüht.

Hr. **E. Warburg** spricht in einem von zahlreichen Demonstrationen begleiteten Vortrag

über die Einwirkung des Lichtes auf die Funkenentladung.

Hr. **A. Paalzow** fügt diesem Vortrage noch einige Bemerkungen hinzu.

Anordnung von Geissler'schen Röhren, welche für die Benutzung bei Versuchen mit Röntgen'schen Strahlen besonders geeignet ist; von F. Neesen.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 14. Februar 1896).

(Vgl. oben p. 41).

Bei der im Folgenden beschriebenen Anordnung von GEISSLER'schen Röhren war zunächst der Gedanke maassgebend, dass es nöthig ist, die Kathodenstrahlen möglichst von denjenigen Stellen der Röhrenwand abzuhalten, aus welcher die Wirkung nicht austreten soll. Dazu wurde die schon anderweitig benuzte Reflexion in solcher Weise verwandt, dass von der kreisförmigen Kathode *a* (Fig. 1) die Kathodenstrahlen auf das unter 45° gegen die Rohraxe geneigte Anodenblech *b* fielen und von da in ein Seitenrohr *c* geworfen werden. Durchmesser der Röhre 2 cm. Um die Strahlen auf dem Wege *a b c* zusammenzuhalten, sind die Schenkel *a b* und *b c* mit einer Spule umgeben, durch die ein starker Magnetisirungsstrom geschickt wird.

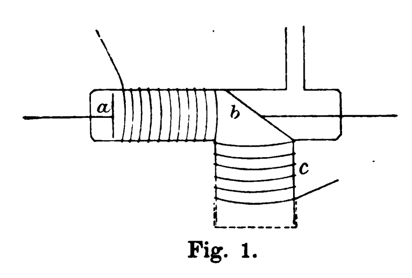


Fig. 1.

Ferner führte die bekannte Beobachtung, dass die RÖNTGEN'schen Strahlen von Glas sehr stark absorbirt werden, während sie durch thierische Haut leicht hindurchgehen, zu dem Versuch, die bei dem Durchgang der Strahlen durch die Glaswand des Entladungsrohres nothwendig auftretende Schwächung dadurch zu vermindern, dass das Rohr *c* nicht zugeschmolzen, sondern mit einer Schweinsblase verschlossen wurde. Die Blase hält, wie sich zeigte, vollständig luftdicht. Sie wird im nassen Zustande über die Oeffnung von *c* gespannt, gleichzeitig durch Fadenumwickelung fest an die Seitenwände von *c* gedrückt.

erhitztem Queck-
n wird) kann der
die Stellen ge-
Glaswand anliegt.
embran luftdicht

ie Haut eine viel

mit einem kleinen
ewonnenen Photo-
ach Art der von

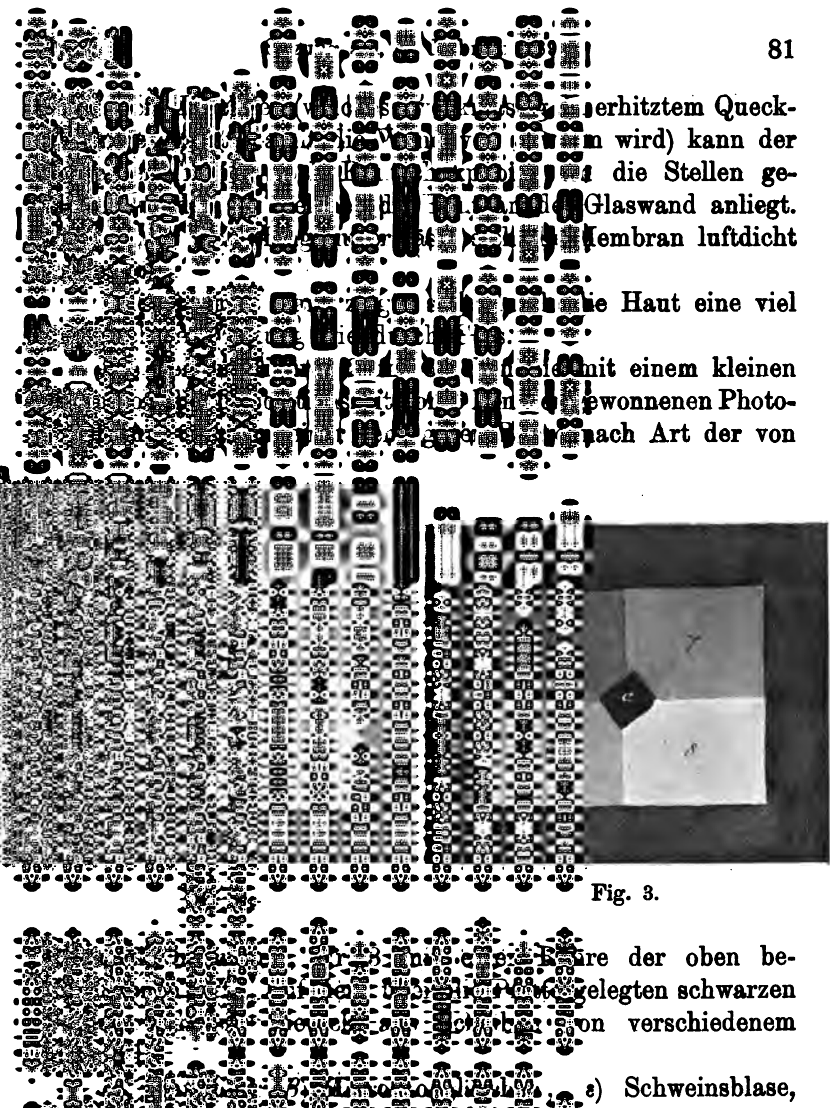


Fig. 3.

re der oben be-
gelegten schwarzen
on verschiedenem

e) Schweinsblase,

photographischem
gezeichnet werden.
n.
centration des ge-
zeigt, dass die
eine genaue Fort-

Es bildet sich, wie bekannt, beim Auffallen der Kathodenstrahlen auf die Haut Kohlenoxyd, welches Gas zweckmässig durch fortwährendes Pumpen weggeschafft wird. Da eine Tropfenpumpe eine solche Röhre in 10—15 Minuten zum Gebrauch fertig macht, ist diese Aufgabe leicht.

Uebrigens war bei der oben dargestellten Aufnahme Nr. 3 noch sehr viel blaues Licht zu sehen, also die Röhre keineswegs im günstigsten Zustande.

Wird die Haut durch die auffallenden Strahlen zu stark erhitzt, so fängt sie an, Luft durchzulassen.

Ob die phosphorescirende Wirkung ebenso gut mit diesem Hautverschluss erfolgt, konnte ich nicht untersuchen. Möglich ist, dass hier die Kohlenoxydentwickelung zu schädlich ist.

(Nachtrag: Die phosphorescirende Wirkung erfolgt ebenfalls gut.)

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 15. Nr. 4.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

Sitzung vom 5. Juni 1896.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **E. Warburg** demonstrirte

einige Vorlesungsversuche.

Hr. **A. König** berichtete darauf über den Inhalt einiger neuerer physiologisch-optischer Abhandlungen.

Sitzung vom 19. Juni 1896.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **W. Wien** sprach über

die Messung tiefer Temperaturen

nach gemeinsam mit Hrn. **Holborn** im Laboratorium der Gesellschaft für LINDE's Eismaschinen in München angestellten Versuchen.

Sitzung vom 23. October 1896.

Vorsitzender: Hr. W. VON BEZOLD.

Hr. **H. du Bois** trug vor

über störungsfreie magnetometrische Schemata.

Hr. **E. Lampe** sprach

über Körper grösster Anziehung.

Hr. **P. Spies** sprach dann

über Fluorescenzerregung durch Uranstrahlen.

Hr. **A. Blümel** zeigte

eine Blitzphotographie.

Ueber Körper grösster Anziehung; von E. Lampe.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 23. October 1896).

(Vgl. oben p. 83).

Einleitung.

Gegen Ende des Jahres 1884 berichtete ich in der Physikalischen Gesellschaft über einige Zahlenbeispiele für die Anziehung, welche eine gegebene homogene Masse auf einen materiellen Punkt nach dem NEWTON'schen Gesetze ausübt.[1]) Die betreffenden Aufgaben waren für meine Vorlesungen gebildet worden und hatten den Zweck, manche falschen Vorstellungen zu beseitigen, die in Bezug auf diese Attractionen unter denen verbreitet sind, welche sich den verwickelten Vorgang der Resultantenbildung aus den Elementarattractionen nicht klar gemacht haben. Man kann z. B. in populären Werken lesen, dass die Anziehung der Erde auf einen Massenpunkt am Pole deshalb grösser sei als am Aequator, weil der Pol dem Erdmittelpunkte näher liege als die Punkte des Aequators. Diesem Schlusse liegt die falsche Vorstellung zu Grunde, dass die Anziehung der Erde so erfolge, als ob ihre ganze Masse in ihrem Mittelpunkte concentrirt wäre. Um den wahren Sachverhalt zu beleuchten, zeigte die frühere Mittheilung, wie die Anziehung eines Sphäroids auf den Pol variirt, wenn die Masse (also das Volumen) desselben constant ist, die Excentricität der Meridianellipse aber sich ändert. Hierbei stellt sich dann unter anderem heraus, dass bei einer gewissen Excentricität die Anziehung auf den Pol ein Maximum erreicht, von diesem Werthe der Excentricität aber nach beiden Seiten hin abnimmt. In ähnlicher Weise wurden andere Körper als Gestalten für die gegebene Masse angenommen und durch gleiche Behandlung entsprechende Ergebnisse erlangt. Zur Verfolgung des Ganges der Function, welche jedesmal die Anziehung darstellt, erwies sich die Betrachtung der Maxima dieser Function als wichtig und nützlich; doch war die Ermittelung derselben nicht der alleinige Zweck jener

---

1) E. LAMPE, Verhandl. d. Physik. Ges. zu Berlin, p. 46 ff. 1884.

Fragen. Da aber bei der Bestimmung der Gravitationsconstante mit Hülfe von Abwägungen die der anziehenden Masse zu gebende günstigste Gestalt in Betracht zu ziehen ist, so konnte es wegen des zeitlichen Zusammenfallens meiner älteren Mittheilung mit dem durch die Hrn. König und Richarz 1884 gemachten Vorschlage zur neuen Bestimmung der Gravitationsconstante nicht fehlen, dass auch den von mir behandelten rein mathematischen Fragen einiges Interesse zugewandt wurde.

Zunächst hat Hr. Thiesen in seiner grossen Arbeit „Détermination de la variation de la pesanteur avec la hauteur au pavillon de Breteuil" (1890) gelegentlich in einer Anmerkung die Frage behandelt, den Körper von gegebenem Volumen zu bestimmen, in dessen Nähe die Aenderung der Anziehung ein Maximum ist. Sodann hat Hr. Pierpaoli[1]) das Maximum der Anziehung einer homogenen geraden Pyramide von gegebener Masse mit regelmässiger Basis auf die Spitze und auf den Mittelpunkt der Basis berechnet. Ferner hat Hr. Sella[2]) in mehreren an demselben Orte veröffentlichten Arbeiten die Pierpaoli'schen Resultate auf einfacherem Wege hergeleitet, besonders aber einige allgemeine Sätze aufgestellt, welche die Rechnungen zur Aufsuchung der Maxima von Attractionen oft erheblich abkürzen. Ausserdem dehnte Hr. Sella seine Untersuchungen auf allgemeinere Aufgaben aus; so bestimmte er die Gestalt desjenigen Körpers von gegebener Masse, der auf zwei gegebene Punkte die grösste Anziehung ausübt, und berechnete die Grösse dieser Anziehung sowie auch derjenigen, bei welcher die angezogene Masse nicht ein Massenpunkt, sondern eine Kugel von gegebenem endlichen Radius ist. Endlich ist durch Hrn. Ragnoli in einer kleinen Schrift „Sui corpi di massima attrazione" (Spoleto 1895) auf Grund der Sella'schen Sätze die Tabelle der bis dahin berechneten Körper grösster Anziehung um einige Beispiele vermehrt worden. Das am Ende dieser Broschüre zusammengestellte Verzeichniss, welches die Körper nach der Grösse der Anziehung geordnet enthält, erstreckt sich auf 26 Gestalten.

1) Pierpaoli, Rend. Acc. dei Lincei (5) **2** [1], p. 130—136 u. **3** [1], p. 173—176. 1893 u. 1894.

2) Sella, Rend. Acc. dei Lincei **2** [1], p. 90—96; **3** [1], p. 436—442 und **3** [2], p. 47—53. 1893 u. 1894.

Abschnitt I.

Fasst man die Frage nach dem Maximum der Anziehung einer gegebenen homogenen Masse auf einen gegebenen Massenpunkt bei vorgeschriebener Gattung der Gestalt des anziehenden Körpers allgemein auf, so ist es klar, dass es von dem Körper grösster Anziehung an, der vom Marquis DE SAINT-JACQUES 1750 entdeckt, von PLAYFAIR 1809 berechnet ist, eine Reihe von unendlich vielen Körpern giebt, bei welchen die Anziehung von dem Maximalwerthe jenes Körpers an stetig abnimmt. Mechanisch kann man diese Körper durch unendlich kleine Gestaltsänderungen herstellen, welche man wiederholt hinter einander an dem Körper grösster Anziehung vornimmt. Schwieriger scheint die entsprechende Aufgabe der reinen Mathematik zu sein; denn im allgemeinen kann man die betreffenden Aufgaben der Variationsrechnung zuweisen. Giebt man jedoch nach Willkür das mathematische Gesetz, nach welchem die Oberfläche des fraglichen Körpers geformt ist, so sieht man sofort ein, dass unendlich viele Möglichkeiten hierbei vorliegen; wenn aber zunächst wieder Unterrichtszwecke verfolgt werden, so handelt es sich hauptsächlich darum, solche Gestalten ausfindig zu machen, bei denen die zu erledigenden Rechnungen ohne grosse Weitläufigkeiten und Schwierigkeiten erledigt werden können.

Will man lediglich Maximalaufgaben in Bezug auf Anziehungen stellen, so sind zunächst alle diejenigen Fälle brauchbar, in denen die Attraction oder das Potential eines Körpers schon berechnet worden ist. Unter diesem Gesichtspunkte kann man z. B. sofort übersehen, dass, da MEHLER und MERTENS die Anziehung und das Potential von Polyedern explicite dargestellt haben, die von den Hrn. PIERPAOLI und SELLA behandelten Aufgaben über Pyramiden sich auf Kreistranscendenten und Logarithmen zurückführen lassen. — Eine andere Reihe von Attractionsaufgaben lässt sich ferner bilden für Punkte in der Axe von Rotationskörpern. Da nämlich die Anziehung einer homogenen Kreisscheibe von dem Radius a und der Masse M auf einen Punkt von der Masse m im Abstande h vom Kreiscentrum auf der Axe des Kreises durch den Ausdruck

$$2\,m\,M\frac{k}{a^2}\left(1-\frac{h}{\sqrt{h^2+a^2}}\right)$$

(k eine Constante) gegeben ist, so ist die Anziehung A eines Rotationskörpers, dessen Volumeneinheit die Masse μ enthält, auf den Punkt m der Axe:

$$A = 2\pi m \mu k \int dh \left(1 - \frac{h}{\sqrt{h^2 + a^2}}\right),$$

wo sich die Integration vom kleinsten Werthe von h bis zum grössten erstreckt, a der Radius einer Elementarscheibe des Körpers ist. Die hier noch auszuführende Integration ist in vielen Fällen sehr leicht, bei denen die Gleichung der Meridiancurve des Rotationskörpers in Polarcoordinaten r, φ eine einfache Form hat. Man hat nämlich

$$\sqrt{h^2 + a^2} = r, \quad h/r = \cos\varphi.$$

Die erste Meridiancurve, welche ich ausser den bekannten Fällen versuchsweise annahm, war die Pascal'sche Schnecke $r = a + b\cos\varphi$. Die Leichtigkeit, mit welcher das Resultat in diesem Falle gewonnen wurde, bewog mich, sofort zu der allgemeineren Gattung von Curven überzugehen, deren Gleichung

$$r = a + b\cos^n\varphi \tag{1}$$

ist (n eine beliebige, ganze oder gebrochene, positive Zahl). Doch wurde zur Erleichterung der Rechnung nicht der ganze Körper benutzt, der durch Rotation dieser Curve um die Polaraxe erzeugt wird, sondern nur derjenige Abschnitt, welcher den Werthen $0 \gtreqless \varphi \gtreqless \frac{1}{2}\pi$ entspricht, welcher also durch eine Ebene senkrecht zur Polaraxe im Pole abgetrennt wird. Da der angezogene Massenpunkt m im Pole angenommen ist, so sind die Integrationen, falls φ als Integrationsvariable eingeführt wird, zwischen den Grenze' 0 und $\frac{1}{2}\pi$ zu erstrecken.

Nun ist

$$\int dh(1 - \cos\varphi) = h - h\cos\varphi + \int h\sin\varphi\, d\varphi,$$

oder da an der oberen und unteren Grenze $h - h\cos\varphi$ verschwindet:

$$A = 2\pi m \mu k \int_0^{\pi/2} (a + b\cos^n\varphi)\cos\varphi\sin\varphi\, d\varphi,$$

d. h.

$$A = \pi m \mu k \left(a + \frac{2b}{n+2}\right). \tag{2}$$

Das Volumen des anziehenden Körpers ist

$$V = \tfrac{2}{3}\pi \int_0^{\pi/2} r^3 \sin\varphi \, d\varphi,$$

oder

$$V = \tfrac{2}{3}\pi \left[a^3 + \frac{3a^2 b}{n+1} + \frac{3ab^2}{2n+1} + \frac{b^3}{3n+1}\right]. \tag{3}$$

Die Anziehung A_0 einer Kugel vom Radius R auf denselben Massenpunkt m an der Oberfläche der Kugel ist

$$A_0 = \tfrac{4}{3}\pi m \mu k R.$$

Hat die Kugel dieselbe Masse wie der eben betrachtete Rotationskörper, so ist $V = \tfrac{4}{3}\pi R^3$. Vergleicht man nun A mit A_0, indem man den Quotienten A/A_0 bildet, so ergiebt sich, wenn man noch a/b gleich x setzt:

$$\frac{A}{A_0} = \frac{3\sqrt[3]{2}}{4} \cdot \frac{x + \frac{2}{n+2}}{\sqrt[3]{x^3 + \frac{3x^2}{n+1} + \frac{3x}{2n+1} + \frac{1}{3n+1}}} = \mathfrak{A}. \tag{2a}$$

Ist z. B. $a = 0$, so ist auch $x = 0$, und man hat

$$\mathfrak{A} = \frac{3}{n+2} \sqrt[3]{\frac{3n+1}{4}}, \tag{2b}$$

ein Ausdruck, dessen Maximum für $n = \tfrac{1}{2}$ sich als

$$\mathfrak{A} = \sqrt[3]{1{,}08} = 1{,}0259856$$

ergiebt. Dies ist aber der Zahlwerth für den wohlbekannten Körper grösster Anziehung, dessen Meridiankurve ja in der That die Gleichung $r = b\sqrt{\cos\varphi}$ hat.

Lässt man daher n von 0,5 an stetig steigende oder fallende Werthe durchlaufen, so muss $\mathfrak{A}$ von jenem Maximalwerthe an stetig alle kleineren Zahlwerthe annehmen. Insbesondere wird $\mathfrak{A} = 1$ für $n = 1$ und $n = 0{,}1742346$. So lange n also zwischen diesen Werthen liegt, ist die Anziehung des Rotationskörpers der Kurve $r = b\cos^n\varphi$ auf den Pol grösser als die einer Kugel von gleicher Masse auf einen Punkt ihrer Oberfläche. Will man die nach der Formel (2b) berechneten Zahlen für $\mathfrak{A}$ mit den von Hrn. Sella gefundenen in Uebereinstimmung bringen, so muss man berücksichtigen, dass dieser die Anziehung einer Masseneinheit im Abstande 1 von m gleich 1 setzt; daher sind die Zahlen für $\mathfrak{A}$ mit $(^4/_3\,\pi)^{1/3} = 2{,}59852$ zu

multipliciren. Die folgende Tafel I diene zur Erläuterung des Gesagten.

Tafel I.

$(a = 0,\ r = b \cos^n \varphi)$

n	$\mathfrak{A}$	$\mathfrak{A} . (\frac{4}{3}\pi)^{2/3}$
0,1	0,982192	2,55224
0,2	1,004736	2,61083
0,3	1,017711	2,64454
0,4	1,024152	2,66128
0,5	1,025986	2,66604
0,6	1,024505	2,66219
0,7	1,020661	2,65221
0,8	1,014930	2,63732
0,9	1,007946	2,61917
1	1	2,59852
$^3/_9$	1,020472	2,66172
$^4/_9$	1,025448	2,66464
$^5/_9$	1,025262	2,66417
$^6/_9$	1,022130	2,65603
$^7/_9$	1,016319	2,64093

Die Kurven mit der Gleichung (1), in der a nicht gleich Null ist, kann man als Konchoiden der Kurven $r = b \cos^n\varphi$ ansehen. Die Anziehung $\mathfrak{A}$ in Formel (2a) hängt von den beiden Zahlen $a/b = x$ und n ab. Sieht man n als eine gegebene Constante an, so kann x derart bestimmt werden, dass $\mathfrak{A}$ für den gegebenen Werth von n ein Maximum erreicht. Durch Differentiation von (2a) nach x erhält man zur Bestimmung des Maximums die Gleichung

$$x^2 - \frac{2(n-1)}{2n+1}x - \frac{(2n-1)\ (n+1)}{(2n+1)(3n+1)} = 0. \tag{4}$$

Das Maximum für $\mathfrak{A}$ folgt also aus:

$$x = \frac{1}{2n+1}\left[n - 1 + n\sqrt{\frac{7n-1}{3n+1}}\right].$$

Die folgende Tafel II giebt die zusammengehörigen Werthe von n, x und der Maximalattraction $\mathfrak{A}$. Weil x für n unter 0,5 negativ wird und dann das betrachtete Körpersegment zwischen den Grenzen 0 und $\frac{1}{2}\pi$ von φ kein einfaches mehr ist, so sind nur Werthe von n über 0,5 berechnet worden.

In der RAGNOLI'schen Tabelle hat die Anziehung des zweiten Körpers, d. h. desjenigen, der unmittelbar nach dem Körper grösster Anziehung folgt, nämlich des Kugelsegmentes auf den Mittelpunkt der Basis, die Maasszahl 2,65603. Die

Zahlen in Tafel I und II zeigen, dass man beliebig viele Körper mit grösserer Anziehung aufstellen kann.

Tafel II.

n	x	$\mathfrak{A}$	$\mathfrak{A}\,.\,(\frac{4}{3}\pi)^{2/3}$
0,5	0	1,025986	2,66604
0,6	0,109740	1,025885	2,66578
0,7	0,202143	1,025597	2,66503
0,8	0,280972	1,025150	2,66387
0,9	0,348985	1,024571	2,66237
1	0,408248	1,023888	2,66059
2	0,745108	1,014725	2,63677
3	0,891806	1,005732	2,61341
4	0,973846	0,998311	2,59413
$^5/_9$	0,063377	1,025954	2,66596
$^6/_9$	0,173012	1,025709	2,66533
$^7/_9$	0,264474	1,025262	2,664165

Als weitere bemerkenswerthe Fälle setzen wir her:

1. $n = 1$, $a = b$ $(x = 1)$, also Kardioide: $\mathfrak{A} = 1{,}01370$; $2{,}59852$. $\mathfrak{A} = 2{,}63412$. 2. $n = 0{,}5$, $\mathfrak{A} = 1$. Man bestimme x aus der cubischen Gleichung $x^3 - 0{,}16\,x^2 - 0{,}768\,x - 0{,}2048 = 0$; es folgt $x = 1{,}06336$. 3. $n = 3{,}75357$; $\mathfrak{A} = 1$.

Wenn man den Weg weiter verfolgt, auf dem die obigen Rotationskörper gefunden sind, so kann man nun auch zu denjenigen Rotationskörpern übergehen, deren Meridiankurven die Gleichung haben:

$$r = a + b\cos^m\varphi + c\sin^n\varphi. \tag{6}$$

Beschränkt man auch hier die Rechnung auf solche Körpersegmente, welche durch Normalebenen zur Polaraxe im Pole begrenzt sind, so findet man ihre Anziehung A auf den Massenpunkt m im Pole:

$$A = \pi\, m\, \mu\, k\left[a + \frac{2\,b}{m+2} + \frac{2\,c}{n+2}\right]. \tag{7}$$

Setzt man ferner

$$\left\{\begin{aligned} P = a^3 &+ \frac{b^3}{3\,m+1} + \frac{c^3}{3\,n+1} + \frac{3\,a^2 b}{m+1} + \frac{3\,a^2 c}{n+1} + \frac{3\,a\,b^2}{2\,m+1} \\ &+ \frac{3\,a\,c^2}{2\,n+1} + \frac{3\,b^2 c}{2\,m+n+1} + \frac{3\,b\,c^2}{m+2\,n+1} \\ &+ \frac{6\,a\,b\,c}{m+n+1}, \end{aligned}\right. \tag{8}$$

so ist das Volumen des betrachteten Segmentes (zwischen $\varphi = 0$ und $\varphi = \frac{1}{2}\pi$) $V = \frac{2}{3}\pi P$. Vergleicht man wieder die

Anziehung A mit derjenigen A_0 einer Kugel von gleicher Masse auf den Punkt m an ihrer Oberfläche, so ergiebt sich, falls $A/A_0 = \mathfrak{A}$ gesetzt wird:

$$\mathfrak{A} = \frac{3}{4}\,\frac{a + \dfrac{2b}{m+2} + \dfrac{2c}{n+2}}{\sqrt[3]{\frac{1}{2}P}}\,. \tag{9}$$

Dieser Ausdruck ist eine Function von vier Zahlen, nämlich von den beiden Exponenten m und n, sowie von den beiden Verhältnissen a/b und a/c; sein Maximum kann also nach verschiedenen Gesichtspunkten untersucht werden. Ohne diese weitläufigen Untersuchungen anzustellen, will ich nur einige Zahlenbeispiele hersetzen. Für $a = 0$, $b = c$ folgt:

$$\mathfrak{A} = \frac{3}{2}\,\frac{\dfrac{1}{m+2} + \dfrac{1}{n+2}}{\sqrt[3]{\frac{1}{2}\left\{\dfrac{1}{3m+1} + \dfrac{1}{3n+1} + \dfrac{3}{2m+n+1} + \dfrac{3}{m+2n+1}\right\}}} \tag{9a}$$

Tafel III.

m	n	$\mathfrak{A}$	$\mathfrak{A}\,.\,(\frac{4}{3}\pi)^{2/3}$
$^4/_9$	$^5/_9$	1,0259844	2,6660395
$^3/_7$	$^4/_7$	1,025982	2,666033
0,4	0,6	1,025972	2,666008
$^1/_3$	$^2/_3$	1,025881	2,665769
0,3	0,7	1,025763	2,665468

Alle diese Zahlen stehen derjenigen für den Körper grösster Anziehung sehr nahe. Natürlich unterscheiden sich auch die zugehörigen Formen der Meridiancurven äusserst wenig von derjenigen für den Körper grösster Anziehung. Berechnet man z. B. bei der Curve $r_1 = \cos^{1/3}\varphi$ und bei der Curve $r_2 = b\,(\cos^{4/9}\varphi + \cos^{5/9}\varphi)$, welche als Meridiancurve einen Körper von gleichem Volumen erzeugt, wie die erstere, die Längen der Fahrstrahlen r für gleiche Polarwinkel φ, so findet man:

φ	r_1	r_2
0°	1	0,999505 = $2b$
10	0,992375	0,991884
20	0,969377	0,968903
30	0,930605	0,930174
40	0,875240	0,874902
50	0,801740	0,801585
60	0,707107	0,707281
70	0,584825	0,585574
80	0,416711	0,418476

Die folgende Tafel IV giebt Zahlenwerthe der Attraction für solche Rotationskörper mit der Meridiancurve (6), bei denen a nicht verschwindet.

Tafel IV.

a	b	c	m	n	$\mathfrak{A}$	$\mathfrak{A}\,.\,(\frac{4}{3}\pi)^{2/3}$
0,5	1	1	1	2	1,009850	2,624114
0,6	1	1	1	2	1,013508	2,633618
1,0	1	1	1	2	1,019756	2,649854
1,1	1	1	1	2	1,020015	2,650527
1,2	1	1	1	2	1,019960	2,650385
1,5	2	1	1	2	1,021502	2,654392

Wie wiederholt bemerkt ist, so werden alle Körper, bei denen a nicht gleich Null ist, im Pole durch einen Kreis senkrecht zur Polaraxe begrenzt; der Radius desselben ist a. Das erste und interessanteste Beispiel dieser Art ist von Hrn. Sella entdeckt. Derselbe fand nach seinen Methoden sehr leicht, dass ein homogenes Kugelsegment von gegebener Masse, bei welchem der Radius der Basis zur Höhe das Verhältniss 1 : 3 besitzt, das Maximum der Anziehung auf den Mittelpunkt der Basis ausübt, und unter den bis dahin bekannten Körpern unmittelbar dem Körper grösster Anziehung in der Stärke der Attraction folge.

Abschnitt II.

Nachdem im Vorangehenden gezeigt ist, wie man mit grosser Leichtigkeit Körper finden kann, deren Anziehungen derjenigen des Körpers grösster Anziehung beliebig nahe gebracht werden können, sollen jetzt noch verschiedene andere homogene Körper behandelt werden, bei denen, gerade wie bei den in Abschnitt I untersuchten Körpern, die Frage nach dem Maximum der Anziehung beantwortet werden kann, ohne dass die durchzuführenden Rechnungen bedeutende rechnerische Schwierigkeiten darböten. Alle Körper sind homogene Rotationskörper um die x-Axe mit der Masse μ in der Kubikeinheit; der angezogene Massenpunkt m wird im Anfangspunkte oder Pole des Coordinatensystems, also auf der Rotationsaxe angenommen. Die Anziehung zwischen m und dem Rotationskörper werde, wie früher, mit A, diejenige einer Kugel von gleicher Masse auf den Punkt m an ihrer Oberfläche mit A_0 bezeichnet, das Verhältniss $A/A_0 = \mathfrak{A}$ gesetzt; das Volumen des Rotationskörpers sei V.

1. **Segment einer Kugel,** m im Mittelpunkte der Basis. Ist h die Höhe des Segmentes, ϱ der Radius der Basis, so bestimmt man leicht:

$$\mathfrak{A} = \frac{(h^2 + 2h\varrho + 3\varrho^2)h^{2/3}}{(h+\varrho)^2 \sqrt[3]{h^2 + 3\varrho^2}} = \frac{(3x^2 + 2x + 1)}{(1+x)^2\sqrt[3]{1+3x^2}}, \tag{1}$$

wenn $\varrho/h = x$ gesetzt wird. Das Maximum von $\mathfrak{A}$ folgt aus dem Werthe für x, welcher der Gleichung genügt:

$$3x^3 - x^2 + 3x - 1 = (x^2+1)(3x-1) = 0,$$

d. h. $x = 1/3$ (die SELLA'sche Lösung). Man findet dafür $\mathfrak{A} = 1{,}022\,130$.

Zur Bestimmung desjenigen Kugelsegmentes, bei welchem die Anziehung auf den Basismittelpunkt ebenso gross ist wie bei einer Kugel gleicher Masse auf einen Punkt der Oberfläche, setze man $\mathfrak{A} = 1$, so erhält man die Gleichung:

$$3x^6 + 18x^5 + 19x^4 + 12x^3 - 3x^2 - 6x - 3 = 0.$$

Die zwischen 0 und 1 liegende, für unsere Frage brauchbare Wurzel dieser Gleichung ist 0,630079. So lange also x zwischen 0 und 0,630079 liegt, ist $A > A_0$. Als Bruchtheil vom Radius a der Kugel ist der Abstand c der Basis des Kugelsegmentes $c = 0{,}4316397\,a$.

2. **Segment einer Kugel,** m im Mittelpunkte der zugehörigen Kugelhaube (auch bereits von Hrn. SELLA in Bezug auf das Maximum der Anziehung untersucht; $\varrho/h = x$):

$$\mathfrak{A} = \frac{3h - 2h^2/\sqrt{\varrho^2+h^2}}{\sqrt[3]{h(3\varrho^2+h^2)}} = \frac{3 - 2/\sqrt{x^2+1}}{\sqrt[3]{3x^2+1}}. \tag{2}$$

Für das Maximum von $\mathfrak{A}$ findet man x aus der Gleichung

$$9x^4 + 2x^2 - 3 = 0,$$

nämlich

$$x^2 = \tfrac{1}{9}(-1 + 2\sqrt{7}), \quad a/h = \tfrac{1}{9}(4 + \sqrt{7}), \quad h/a = 4 - \sqrt{7}.$$

In diesem Falle ist

$$\mathfrak{A} = 1{,}007241, \quad \mathfrak{A}\,.\,2{,}59852 = 2{,}617333.$$

Ferner wird

$$A = A_0, \quad \mathfrak{A} = 1,$$

wenn

$$9x^6 - 129x^4 + 19x^2 + 93 = 0,$$

woraus

$$x^2 = 0{,}9615504\,, \quad x = 0{,}9805868\,, \quad a/h = 0{,}9807752\,,$$
$$h/a = 0{,}019601$$

folgt.

3. Kugelstück zwischen zwei vom Mittelpunkte gleich weit abstehenden Ebenen, m im Mittelpunkt der einen Grenzfläche. Ist c der Abstand jeder der beiden Ebenen vom Kugelmittelpunkte, ϱ der Radius der beiden Grenzkreise, so berechnet man:

$$(3) \qquad \begin{cases} \mathfrak{A} = \dfrac{1}{2}\,\dfrac{6\,c^3 - (2\,c^2 - \varrho^2)\sqrt{4\,c^2 + \varrho^2} - \varrho^3}{c^2 \sqrt[3]{\frac{1}{2}\,c\,(3\,\varrho^2 + 2\,c^2)}} \\[2ex] \quad = \dfrac{\sqrt[3]{2}}{2} \cdot \dfrac{6 - (2 - x^2)\sqrt{x^2 + 4} - x^3}{\sqrt[3]{3\,x^2 + 2}}, \end{cases}$$

wenn $\varrho / c = x$ gesetzt wird. Falls $\mathfrak{A}$ das Maximum erreicht, so ist

$$42\,x^5 - 105\,x^4 + 204\,x^3 - 208\,x^2 + 144\,x - 52 = 0.$$

Die zwischen 0 und 1 liegende Wurzel dieser Gleichung, welche dem Maximum entspricht, ist $x = 0{,}721552$, der Maximalwerth von $\mathfrak{A}$ also:

$$\mathfrak{A} = 1{,}022\,552\,; \quad \mathfrak{A}\,.\,(\tfrac{4}{3}\,\pi)^{2/3} = 2{,}65\,712\,,$$

also grösser als im Beispiele 1 des Kugelsegmentes.

4. Das grössere Segment eines verlängerten Rotationsellipsoids, abgetrennt durch eine Normalebene zur Rotationsaxe in dem einen Brennpunkte; der angezogene Massenpunkt m liegt in diesem Brennpunkte. Ist die Gleichung der Meridianellipse, bezogen auf denselben Brennpunkt als Pol, die Hauptaxe als Axe:

$$r = \frac{p}{1 - \varepsilon \cos \varphi}\,,$$

so bestimmt man:

$$A = 2\,\pi\,m\,\mu\,k\,p \left\{-\frac{1}{\varepsilon} - \frac{1}{\varepsilon^2}\,l(1 - \varepsilon)\right\},$$

$$V = \frac{\pi\,p^3\,(2 - \varepsilon)}{3\,(1 - \varepsilon)^2}\,,$$

$$(4) \qquad \mathfrak{A} = \frac{3}{\sqrt[3]{2}} \left\{-\frac{1}{\varepsilon} - \frac{1}{\varepsilon^2}\,l(1 - \varepsilon)\right\} \sqrt[3]{\frac{(1 - \varepsilon)^2}{2 - \varepsilon}}\,.$$

Differentiirt man diesen Ausdruck nach ε und setzt den Differentialquotienten gleich Null, so erhält man die transcendente Gleichung für ε:

$$l(1-\varepsilon)+\frac{\varepsilon(2\varepsilon^2-9\varepsilon+12)}{5\varepsilon^2-15\varepsilon+12}=0.$$

Durch Näherungsmethoden ergiebt sich $\varepsilon = 0{,}582393$, und aus diesem Werthe findet sich nach (4) das Maximum von $\mathfrak{A} = 1{,}015388$; $\mathfrak{A}\,.\,(\frac{4}{3}\pi)^{2/3} = 2{,}63852$. Endlich wird $\mathfrak{A} = 1$ für $\varepsilon = 0{,}373275$ und $\varepsilon = 0{,}72463$.

5. Stück des verlängerten Rotationsellipsoids zwischen zwei Ebenen senkrecht zur Rotationsaxe in den beiden Brennpunkten; m liegt in dem einen Brennpunkte. Mit Benutzung der Bezeichnungen der vorigen Nummer findet man (a = grosse Halbaxe der Ellipse):

$$A = 4\pi m\mu k a\left\{\varepsilon - 1 + \frac{1-\varepsilon^2}{2\varepsilon}\, l\,\frac{1+\varepsilon^2}{1-\varepsilon^2}\right\},$$

$$V = \tfrac{2}{3}\pi\varepsilon(1-\varepsilon^2)(3-\varepsilon^2)a^3,$$

$$(5)\qquad \mathfrak{A} = \frac{3\left\{\varepsilon - 1 + \frac{1-\varepsilon^2}{2\varepsilon}\, l\,\frac{1+\varepsilon^3}{1-\varepsilon^2}\right\}}{\sqrt[3]{\frac{1}{2}\varepsilon(1-\varepsilon^2)(3-\varepsilon^2)}}.$$

Zur Bestimmung des Maximums von $\mathfrak{A}$ dient die Gleichung:

$$\frac{48}{1+\varepsilon^2} - 27 + 6\varepsilon - 6\varepsilon^2 + 5\varepsilon^4 - 2\varepsilon^5$$

$$= \frac{1}{2}\left\{\frac{21}{\varepsilon^2} - 39 + 23\varepsilon^2 - 5\varepsilon^4\right\} l\,\frac{1+\varepsilon^2}{1-\varepsilon^2}.$$

Durch Näherungsverfahren gelöst, ergiebt dieselbe $\varepsilon = 0{,}632533$, und hieraus folgt als grösster Werth von $\mathfrak{A}$ die Zahl 1,017262, $\mathfrak{A}\,.\,(\frac{4}{3}\pi)^{2/3} = 2{,}643373$. Derselbe Werth der Anziehung in den ersten sieben Stellen berechnet sich auch für den in der Nähe der Wurzel liegenden Werth $\varepsilon^2 = 0{,}4$ ($\varepsilon = 0{,}632456$).

6. Rotationskörper der logarithmischen Spirale $r = ae^{-\alpha\varphi}$ für den Theil der Curve zwischen $\varphi = 0$ und $\varphi = \frac{1}{2}\pi$; m im Pole. Man findet der Reihe nach:

$$A = 2\pi m \mu k a \frac{1 + e^{-\frac{1}{2}\alpha\pi}}{\alpha^2 + 4},$$

$$V = \tfrac{2}{3}\pi a^3 \frac{1 - 3\alpha e^{-\frac{3}{2}\alpha\pi}}{1 + 9\alpha^2},$$

$$\mathfrak{A} = \tfrac{3}{2} \frac{1 + e^{-\frac{1}{2}\alpha\pi}}{\alpha^2 + 4} \sqrt[3]{\frac{2(9\alpha^2 + 1)}{1 - 3\alpha e^{-\frac{3}{2}\alpha\pi}}}. \tag{6}$$

Das Maximum dieses Ausdrucks im ungefähren Betrage von 1,012466 ($\mathfrak{A}.(\frac{4}{3}\pi)^{2/3} = 2,63192$) liegt etwa bei $\alpha = 0,64$.

7. Rotationskörper der Spirale $r = a - b\varphi$ für den Bogen zwischen 0 und $\frac{1}{2}\pi$; Anziehung auf m im Pole. Man findet:

$$A = \pi m \mu k (a - \tfrac{1}{4} b \pi),$$

$$V = \tfrac{2}{3}\pi \{a^3 - 3a^2 b + 3ab^2(\pi - 2) - 3b^3(\tfrac{1}{4}\pi^2 - 2)\},$$

endlich für $a/b = x$:

$$\mathfrak{A} = \tfrac{3}{4} \frac{x - \frac{1}{4}\pi}{\sqrt[3]{\frac{1}{2}\{x^3 - 3x^2 + 3x(\pi - 2) - 3(\frac{1}{4}\pi^2 - 2)\}}}. \tag{7}$$

Zur Bestimmung des Maximums einer Function von der Form

$$\frac{(x - \alpha)^3}{x^3 - px^2 + qx - r}$$

hat man die quadratische Gleichung zu lösen:

$$x^2(3\alpha - p) - 2x(p\alpha - q) + q\alpha - 3r = 0.$$

Von den beiden hiernach sich ergebenden Wurzeln ist nur diejenige brauchbar, für welche $r = b(x - \varphi)$ positiv bleibt für $\varphi = \frac{1}{2}\pi$, welche also grösser als $\frac{1}{2}\pi$ ist. Dieser Bedingung entspricht $x = 2,291399$. Hieraus folgt nach (7) der Maximalwerth:

$$\mathfrak{A} = 1,018870, \quad \mathfrak{A}.(\tfrac{4}{3}\pi)^{2/3} = 2,64755.$$

8. Rotationskörper der Fusspunktencurve der Ellipse (für den Mittelpunkt als Pol) um die grosse Axe, Segment desselben durch eine Normalebene zur Axe im Mittelpunkt (also halber Körper); Anziehung auf m im Mittelpunkte. Die Gleichung der Curve in Polarcoordinaten ist

$$r^2 = a^2 \cos^2\varphi + b^2 \sin^2\varphi.$$

Setzt man, wie üblich, $\varepsilon = \sqrt{a^2 - b^2}/a$ und $\alpha = b/a$, so dass $\alpha^2 + \varepsilon^2 = 1$ ist, $\alpha = \sqrt{1 - \varepsilon^2}$, so wird:

$$A = \tfrac{2}{3}\pi m \mu k \frac{a^2 + ab + b^2}{a + b},$$

$$V = \tfrac{1}{2}\pi a^3 \left\{\tfrac{1}{3} + \tfrac{1}{2}\alpha^2 + \tfrac{1}{4}\frac{\alpha^4}{\varepsilon}\, l\frac{1+\varepsilon}{1-\varepsilon}\right\},$$

$$(8) \qquad \mathfrak{A} = \frac{1 + \alpha + \alpha^2}{(1+\alpha)\sqrt[3]{1 + \tfrac{3}{2}\alpha^2 + \tfrac{3}{4}\frac{\alpha^4}{\varepsilon}\, l\frac{1+\varepsilon}{1-\varepsilon}}}.$$

Für das Maximum von $\mathfrak{A}$ gilt die Gleichung:

$$\frac{2(2 - 2\alpha + \alpha^2 + 5\alpha^3)}{\alpha^2(4 + 8\alpha - \alpha^2 - 5\alpha^3)} = \frac{1}{\varepsilon}\, l\frac{1+\varepsilon}{1-\varepsilon}.$$

Durch Annäherungsmethoden erhält man als Wurzel

$$\alpha = 0{,}3773774,$$

und demnach bestimmt sich der grösste Werth von $\mathfrak{A}$ aus (8):

$$\mathfrak{A} = 1{,}019654; \qquad \mathfrak{A}\,.\,(\tfrac{4}{3}\pi)^{2/3} = 2{,}64959.$$

9. Rotationskörper der Fusspunktencurve der Hyperbel (für den Mittelpunkt als Pol) um die reelle Axe:

$$r^2 = a^2\cos^2\varphi - b^2\sin^2\varphi.$$

Die Curven haben den Lemniscatentypus; Anziehung des Rotationskörpers der einen Schleife auf den Massenpunkt m im Mittelpunkte. Man setze $\sqrt{a^2 + b^2}/a = \varepsilon$, so folgt:

$$A = \tfrac{2}{3}\pi m \mu k \frac{a^3}{a^2 + b^2},$$

$$V = \tfrac{1}{6}\pi a^3 \left\{1 - \tfrac{3}{2}(\varepsilon^2 - 1) + \tfrac{3}{4}\frac{(\varepsilon^2-1)^2}{\varepsilon}\, l\frac{\varepsilon+1}{\varepsilon-1}\right\},$$

$$(9) \qquad \mathfrak{A} = \frac{1}{\varepsilon^2\sqrt[3]{1 - \tfrac{3}{2}(\varepsilon^2 - 1) + \tfrac{3}{4}\frac{(\varepsilon^2-1)^2}{\varepsilon}\, l\frac{\varepsilon+1}{\varepsilon-1}}}.$$

Diese Function von ε nimmt von $\varepsilon = 1$ (Kugel) an, wo $\mathfrak{A} = 1$ ist, beständig ab. Für $\varepsilon^2 = 2$ (gleichseitige Hyperbel, die Fusspunktencurve ist eine Bernoulli'sche Lemniscate) wird z. B. $\mathfrak{A} = 0{,}659975$; $\mathfrak{A}\,.\,(\tfrac{4}{3}\pi)^{2/3} = 1{,}714957$. Dieser Körper ist also eigentlich nicht zu den Körpern mit einem Maximum der Anziehung zu rechnen, wie dies Hr. Ragnoli in seiner oben erwähnten Schrift gethan hat.

Anhang.

1. Zum Schlusse möge es gestattet sein, auf einige anders geartete Aufgaben hinzuweisen, deren Lösungen sich dazu eignen, die Einsicht in das Wirken der Anziehungen nach dem NEWTON'schen Gravitationsgesetze zu fördern. Es ist bekannt, dass eine homogene Kugel einen Punkt in ihrem Inneren schwächer anzieht als an ihrer Oberfläche, dass also das Maximum ihrer Anziehung überhaupt an ihrer Oberfläche stattfindet. Schneidet man nun aber von ihr durch eine Ebene ein kleines Segment ab, so kann die Anziehung des übrig bleibenden grösseren Segmentes auf den Mittelpunkt des Grenzkreises grösser sein, als die der Vollkugel auf einen Punkt ihrer Oberfläche. Ist nämlich h die Höhe des anziehenden Kugelsegmentes, ϱ der Radius des Grenzkreises, so wird die Anziehung

$$A = \tfrac{2}{3}\,\pi\, m\, \mu\, k\, \frac{(h^2 + 2\,h\,\varrho + \varrho^2)\,h}{(h + \varrho)^2}.$$

Vergleicht man diese Anziehung mit derjenigen $A^{(0)}$ der Vollkugel vom Radius a:

$$A^{(0)} = \tfrac{4}{3}\,\pi\, m\, \mu\, k\, a = \tfrac{4}{3}\,\pi\, m\, \mu\, k\, \frac{h^2 + \varrho^2}{2\,h},$$

so kommt für $\varrho / h = x$:

$$\frac{A}{A^{(0)}} = \frac{(1 + 2\,x + 3\,x^2)}{(1 + x)^2\,(1 + x^2)}, \tag{1}$$

ein Ausdruck, für dessen Maximum die Gleichung gilt:

$$x^3 + x^2 + x - \tfrac{1}{3} = 0.$$

Die brauchbare Wurzel derselben ist $x = 0{,}253077$, und aus ihr folgt nach (1):

$$\frac{A}{A^{(0)}} = 1{,}016468.$$

Setzt man $A = A^{(0)}$, so folgt aus (1) derjenige Werth von x (ausser $x = 0$), für den das Restsegment den Punkt m im Mittelpunkt des Grenzkreises ebenso stark anzieht, wie die Vollkugel an ihrer Oberfläche. Dies findet statt für $x = -1 + \sqrt{2} = 0{,}41421356$, $h/a = 1 + \tfrac{1}{2}\sqrt{2}$.

2. Als zweites Beispiel gleicher Art diene derjenige Körper, welcher von einer gegebenen Kugel nach Abtrennung zweier

gleichen Segmente durch zwei parallele Ebenen übrig bleibt (vgl. Abschnitt II, Nr. 3). Ist c der Abstand der beiden Grenzkreise vom Mittelpunkte der Kugel, ϱ der Radius dieser Grenzkreise, so ist die Anziehung des betrachteten Restkörpers auf den Punkt m im Mittelpunkte der einen Grenzfläche:

$$A = \frac{2}{3c^2} m \mu \pi k \left\{6c^3 - (2c^2 - \varrho^2)\sqrt{4c^2 + \varrho^2} - \varrho^3\right\},$$

$$A^{(0)} = \tfrac{4}{3} m \mu \pi k a;$$

also, da $\varrho^2 = a^2 - c^2$:

$$\frac{A}{A^{(0)}} = \frac{1}{2ac^2}\left\{6c^3 - (3c^2 - a^2)\sqrt{a^2 + 3c^2} - (a^2 - c^2)^{3/2}\right\},$$

oder für $c/a = x$:

$$(2) \qquad \frac{A}{A^{(0)}} = \frac{1}{2x^2}\left\{6x^3 - (3x^2 - 1)\sqrt{3x^2 + 1} - (1 - x^2)^{3/2}\right\}.$$

Dem Maximalwerthe dieses Ausdruckes entspricht die Gleichung für x:

$$117x^{10} + 213x^8 + 76x^6 - 129x^4 - 72x^2 - 36 = 0,$$

woraus $x = 0{,}9057185$ folgt. In (2) eingesetzt, liefert dieser Werth:

$$\frac{A}{A^{(0)}} = 1{,}014140.$$

Setzt man $A = A^{(0)}$, so stösst man auf die Gleichung:

$$13x^6 - 4x^5 + 5x^4 - 16x^3 + 3x^2 + 4x - 1 = 0.$$

Von den drei Wurzeln dieser Gleichung zwischen 0 und 1 entspricht nur $x = 0{,}7856225$ der gestellten Frage. Die beiden anderen (in der Nähe von 0,257 und 0,583) gehören zu den entgegengesetzten Vorzeichen der Quadratwurzel in (2).

In ähnlicher Weise könnte man bei der Anziehung eines homogenen Kreiskegels verfahren, indem durch Parallelschnitte zur Basis an der Spitze kleine Kegel abgetrennt werden und der angezogene Punkt in den Mittelpunkt der Schnittfläche gesetzt wird. Wegen der Weitläufigkeit der hier sich einstellenden Rechnungen ist die Behandlung dieser Frage nicht durchgeführt worden.

Endlich möge noch eine letzte Classe von Maximalaufgaben erwähnt werden, welche sich den bekannten Maximalaufgaben anreihen lassen, nämlich gegebenen Körpern andere

einzubeschreiben, welche auf gewisse bestimmte Punkte ein Maximum der Anziehung ausüben. Folgendes Beispiel diene zur Erläuterung.

3. Einer Kugel denjenigen Cylinder einzubeschreiben, der auf den Mittelpunkt seiner Basis die grösste Anziehung ausübt. Ist h die Höhe des Cylinders, r der Radius seiner Basis, so hat man:

$$A = 2\pi m \mu k \, (h + r - \sqrt{h^2 + r^2}).$$

Wenn wieder $A^{(0)} = \frac{4}{3} m \mu \pi k a$ ist, wo a den gegebenen Kugelradius bedeutet, wenn weiter $h = 2a \sin x$, $r = a \cos x$ gesetzt wird, so folgt:

$$\frac{A}{A^{(0)}} = \frac{3}{2}\,(2 \sin x + \cos x - \sqrt{1 + 3 \sin^2 x}). \tag{3}$$

Im Falle des Maximums dieser Function ist für $\sin x = z$:

$$9z^8 - 3z^6 - 5z^4 - z^2 + 1 = 0.$$

Von den beiden Wurzeln dieser Gleichung zwischen 0 und 1, nämlich $z_1^2 = 0{,}36078$ und $z_2^2 = 0{,}92319$ liefert die erstere das gesuchte Maximum, nämlich:

$$\frac{A}{A^{(0)}} = 0{,}8367,$$

ein Werth, der auch angenähert aus $\sin x = 0{,}6$, $\cos x = 0{,}8$, d. h. $h = \frac{6}{5} a$, $r = \frac{4}{5} a$, $h : 2r = 3 : 4$ folgt.

4. Einfacher gestaltet sich die Lösung der Aufgabe, einer gegebenen Kugel den Kreiskegel von grösster Anziehung auf die Spitze einzubeschreiben. Bezeichnet α den Winkel zwischen der Seite des Kegels und der Basis, so wird

$$A = 2\pi m \mu k \varrho \operatorname{tg} \alpha (1 - \sin \alpha),$$

wo $\varrho = a \sin 2\alpha$, also:

$$A = 4\pi m \mu k a \sin^2 \alpha \, (1 - \sin \alpha). \tag{4}$$

A wird zum Maximum für $\sin \alpha = \frac{2}{3}$, und hieraus ergiebt sich sofort

$$\frac{A}{A^{(0)}} = \frac{4}{9}.$$

Fluorescenzerregung durch Uranstrahlen;
von P. Spies.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 23. October 1896.)

(Vgl. oben p. 83).

Die von gewissen Uranverbindungen und in noch höherem Grade von metallischem Uran ausgehenden Strahlen erregen eine sichtbare Fluorescenz nicht; es ist dies vermuthlich die Folge ihrer geringen Intensität. Man kann aber die Fluorescenzerregung photographisch nachweisen, indem man auf gepulverten Flussspath ein Stück Bromsilberpapier mit der Schicht nach unten und auf dieses eine Quantität Uran legt. Beschränkt man den Flussspath auf die Hälfte des ganzen Feldes, so tritt hier beim Entwickeln eine viel intensivere Schwärzung auf als an den Stellen, welche nicht mit dem Flussspath in Berührung waren. Dadurch, dass man zwischen Uran und photographisches Papier eine kleine Bleiplatte legt, welche den Flussspath an einzelnen Stellen vor den Uranstrahlen schützt, lässt sich zeigen, dass die Wirkung des Flussspaths nicht etwa auf einer Aufspeichernng von Energie von früheren Belichtungen etc. beruht. — Der beschriebene Versuch entspricht durchaus demjenigen, welchen zu Beginn dieses Jahres die Hrn. Winkelmann und Straubel zum Zwecke der Verstärkung der photographischen Wirkung Röntgen'scher Strahlen angestellt haben. Auch bei den Uranstrahlen kommt man zu dem analogen praktischen Ergebniss, ausserdem aber zum Nachweise jener hier nicht unmittelbar erkennbaren Wirkung.

Ueber störungsfreie magnetometrische Schemata; von H. du Bois.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 23. October 1896.)
(Vgl. oben p. 83.)

Gelegentlich der vorjährigen Discussion [1]) über die Störung physikalischer Laboratorien durch äussere Ursachen, insbesondere durch Erdströme, wurde von verschiedenen Seiten, u. A. auch von mir, darauf hingewiesen, dass namentlich magnetometrische Arbeiten mehr als alle anderen dadurch beeinträchtigt würden. Denn wenn es auch heute schon gelungen ist, Galvanometer in mehr oder weniger vollkommener Weise störungsfrei einzurichten, so erscheint das bei Magnetometern deshalb auf den ersten Blick ausgeschlossen, weil ihre Ablenkungen eben jene Fernwirkungen messen sollen, durch welche auch die Störungen sich hindernd kundgeben. Diese principielle Schwierigkeit zu umgehen, scheint auch heute noch ebenso aussichtslos; für diejenigen Institute, in denen genaue Beobachtungen nach den bekannten magnetometrischen Methoden jederzeit ausführbar sein sollen, sind nach wie vor Störungen überhaupt unzulässig. Das Ansinnen, jene geradezu klassischen Methoden in kürzester Frist neuen Bedingungen anzupassen, kann niemand ernst nehmen, der die Entwickelung experimenteller Methodik in ähnlichen Fällen aufmerksam verfolgt hat.

Durch die vorliegende Mittheilung gestatte ich mir indessen auf einen möglichen Weg hinzuweisen, welcher vielleicht dort mit Vortheil zu betreten wäre, wo vorhandene unvermeidliche Störungen als gegeben zu betrachten sind. Es scheint mir in solchen Fällen die Anwendung unserer bisher unersetzlichen magnetometrischen Verfahren nicht ausgeschlossen, wenn auch nur mit geringerer Genauigkeit und grösserer Umständlichkeit durchführbar. Ich begnüge mich vor der Hand mit einer rein schematischen Beschreibung theoretisch störungsfreie Anordnungen; ein Urtheil über die praktische Brauch-

---

1) Vgl. Electrotechn. Ztschr. 16. pp. 417, 443. 1895.

barkeit derartiger Vorschläge lässt sich bekanntlich erst nach mehrjähriger Erfahrung gewinnen.

Die beiden Arten der Fernwirkung, die zu messende und die störende, unterscheiden sich in einer Beziehung. Erstere ist von Punkt zu Punkt veränderlich und für Punkte in besonderer Lage mehr oder weniger einfach zu berechnen; letztere ist zwar zeitlichen Aenderungen sehr unterworfen, dürfte aber in der Regel innerhalb eines gewissen Raumbereichs durch eine „gleichförmige" Horizontalcomponente darstellbar sein; genauere Erfahrungen über die Ausdehnung jenes Be-

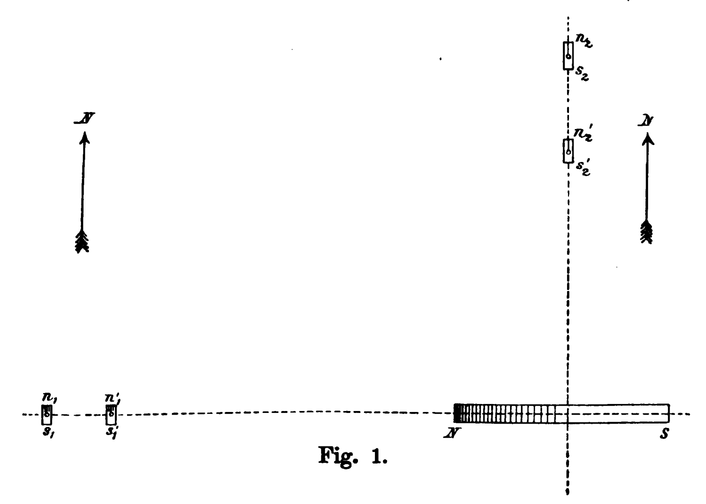


Fig. 1.

reichs bei verschiedenartigen Störungen fehlen zur Zeit. Hieraus ergiebt sich die Möglichkeit einer Differenzirung der beiden Fernwirkungen. Darauf beruht beispielsweise schon die Benutzung eines Hilfsmagnetometers an einer Stelle, wo die zu messende Fernwirkung Null ist; es fungirt dann als Störungsdeclinometer und seine Angaben werden direct zur Correction derjenigen des eigentlichen Messmagnetometers verwerthet. Denkbar ist ferner die Anwendung zweier Magnetometer in verschiedenen Abständen vom Versuchsmagnet NS, und zwar in erster Gauss'scher Hauptlage $n_1 s_1$ und $n_1' s_1'$ bezw. in zweiter $n_2 s_2$ und $n_2' s_2'$.[1]) Wenn die Störung an beiden Stellen

1) Beim mündlichen Vortrage waren die beiden Magnetometer leider durch ein Versehen an verschiedenen Seiten des Versuchsmagnets skizzirt.

gleich und gleichgerichtet ist, so ist die Differenz der Ablenkungen, ebenso wie diese selbst, proportional dem magnetischen Moment von NS. Sie könnte durch geeignete mechanische oder optische Anordnung auch direct zur Ablesung gelangen, vorausgesetzt, dass auch unter dem Einfluss rasch variirender Störungen die Bewegung beider Magnetsysteme vollkommen identisch wäre; hierzu müssten sie genau gleich construirt sein. Der zeitliche Verlauf der vorkommenden Störungen — über den bisher nähere Angaben kaum vorliegen — ist überhaupt bei der Discussion jeder Art Schutzmaassregeln ebenso zu berücksichtigen wie ihre Stationärwerthe.

Denken wir uns jetzt in Fig. 1 zwei gleichstarke Magnete $n_2 s_2$ und $n_2' s_2'$ senkrecht zur nunmehr vertical gedachten Bildebene, indessen entgegengesetzt gerichtet und starr verbunden. Wir haben dann ein über — oder auch unter — der Mitte des Versuchsmagnets aufgehängtes ideal-astatisches System, dessen Drehung bei Benutzung irgend einer constanten Richtkraft ohne Weiteres die oben erwähnte Differenz darstellt. Die bisher genannten Combinationen sind mehr als theoretische Beispiele der Anwendung des oben ausgesprochenen Grundgedankens aufzufassen; ihrer praktischen Verwirklichung steht eine Reihe von Bedenken entgegen, welche bei der schliesslich zu beschreibenden Anordnung leichter zu überwinden sein dürften.

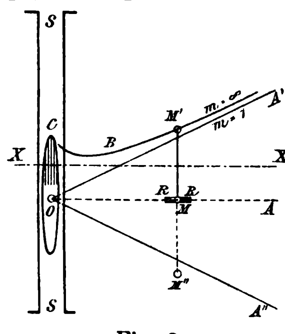


Fig. 2.

Diese fusst auf der sogenannten „unipolaren“ Magnetometermethode, welche bekanntlich bei verticaler Lage des Versuchsmagnets benutzt wird. Unter Voraussetzung einer ellipsoidischen Gestalt desselben — wie sie ja aus anderen Gründen entschieden den Vorzug verdient — hat Hr. Nagaoka auf meine Veranlassung diesen Fall kürzlich mathematisch und experimentell näher untersucht.[1]) Von seinen Resultaten sei hier nur erwähnt, dass der geometrische Ort der Punkte maximaler meridionaler Horizontalcomponente (Fig. 2) eine

1) Nagaoka, Wied. Ann. 57. p. 279. 1896.

Curve *CB* ist, welche die Gerade *OA'* zur Asymptote hat. Letztere geht durch das Centrum *O* des Rotationsellipsoids und ist zur Aequatorialebene um den Winkel $\pm$ 26° 33' 54" (= arctg $^1/_2$) geneigt. Das senkrecht zur Bildebene irgendwie gerichtete ideal-astatische System *M' M* werde nun so aufgehängt, dass *M'* im Punkte maximaler Ablenkung auf der Curve *CB*, dagegen *M* in der Aequatorialebene liegt, wo eine Horizontalcomponente überhaupt nicht existirt.

Die Curve *CB* gilt streng genommen für ein gestrecktes Ovoid vom Dimensionsverhältniss $m = \infty$, jedoch bleibt sie fast unverändert, solange das Ovoid nicht all zu kurz wird (etwa $m > 10$ bleibt); für eine Kugel geht sie in ihre Asymptote über. Da letztere eine constante Neigung hat, ganz unabhängig von der Axenlänge des Ovoids, ist die Höhe des Punktes *M'* und damit die Länge des astatischen Systems bei nicht zu geringen Entfernungen von der Axenlänge auch nur wenig abhängig, dagegen nahe proportional der Entfernung *OM*.

Die Horizontalcomponente in *M'* lässt sich als Function der Magnetisirung des Ovoids durch einen geschlossenen, freilich etwas complicirten Ausdruck darstellen; deswegen und wegen der Schwierigkeit, die Directionskraft zu bestimmen, wäre die Auswerthung der ganzen Anordnung mittels eines Versuchskörpers von bekanntem magnetischen Moment wohl vorzuziehen. Bei kreiscylindrischen Versuchsmagneten walten, wie Hr. NAGAOKA gezeigt hat, ähnliche Verhältnisse ob, welche aber einer strengen Rechnung unzugänglich sind.

Handelt es sich nicht um permanente Magnete, sondern um temporär zu magnetisirende Versuchskörper, so wäre die Spule *SS* am besten symmetrisch zur horizontalen Halbirungsebene *XX* des astatischen Systems aufzustellen (Fig. 2); dabei aber so lang zu wählen, dass ihr Feld im Bereiche des Versuchskörpers genügend gleichförmig bleibe. Ihre Wirkung auf das astatische System ist dann möglichst gering und durch eine kleine verticale Hülfsspule compensirbar, was sehr wesentlich in Betracht kommt.

Ideal-astatische Systeme, deren Theile genau entgegengesetzt gleiche Momente haben, existiren bekanntlich nicht, bezw. ist die Wahrscheinlichkeit der zeitlichen Constanz jenes

Idealzustandes eine sehr geringe. Im vorliegenden Falle wäre indessen die von Hrn. RUBENS und mir bei Galvanometern benutzte Astasirungsmethode anwendbar; indem um das untere — etwas stärker magnetisirte — Theilsystem M ein kleiner flacher Eisenring RR vertical verschiebbar anzubringen wäre. Mittels dessen Höhenjustirung lässt sich dann das äussere — normale oder störende — Feld gerade soviel abschwächen, dass sein Product in das Moment von M gleich demjenigen von M' in das ungeschwächte Feld wird. Da der Ring sich an einer Stelle verticaler Wirkung des Versuchskörpers befindet, welche ihn bei seiner vorausgesetzten Flachheit [1]) nur schwach magnetisiren würde, dürfte eine von ihm herrührende Horizontalcomponente in M' nicht zu befürchten sein.

Aus diesem Grunde wäre es kaum rathsam, das untere Theilsystem mit seinem Schutzring nach M'' zu verlegen, d. h. in einen anderen Punkt maximaler — derjenigen in M' entgegengerichteter — Horizontalcomponente, wodurch cet. par. die Ablenkung verdoppelt würde und es der beiden Maxima halber nicht auf genaue Höheneinstellung des Systems ankäme; übrigens müsste auch die Länge des Systems alsdann verdoppelt werden. Im übrigen wären die Theilsysteme möglichst klein zu wählen, damit das resultirende Feld in ihrem Bereiche merklich gleichförmig wäre; daraus folgt die Nothwendigkeit einer Luftdämpfung. Bei Benutzung einer Spule ist ferner ein möglichst symmetrischer und starrer Aufbau und die Vermeidung variirender, sowie allzu starker Ströme mit grosser Temperaturerhöhung im Interesse einer genauen und unveränderlichen Justirung der Compensation erforderlich.[2])

---

1) Man könnte den kleinen Ring auch aus gestanztem Transformatorblech aufbauen, wodurch zugleich der Möglichkeit verzögernder Wirbelströme bei rasch variirender Störung vorgebeugt würde. Die genaue Parallelität der beiden Theilsysteme ist wesentlich eine Frage sorgfältiger Justirung, wie sie freilich meist unterlassen wird.

2) Vgl. hierzu G. Roessler, Magnetisirung des Eisens etc., Dissertation, Zürich 1892.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 15. Nr. 5.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

Sitzung vom 6. November 1896.

Vorsitzender: Hr. W. VON BEZOLD.

Hr. **H. Rubens** sprach

über das ultrarothe Absorptionsspectrum von Steinsalz und Sylvin.

Hr. E. WARBURG legte eine Abhandlung der Herren **G. Meyer** und **K. Klein** vor

über die Depolarisation von Platin- und Quecksilberelectroden.

Ueber das ultrarothe Absorptionsspectrum von Steinsalz und Sylvin; von H. Rubens.

(Vorgetragen am 6. November 1896.)

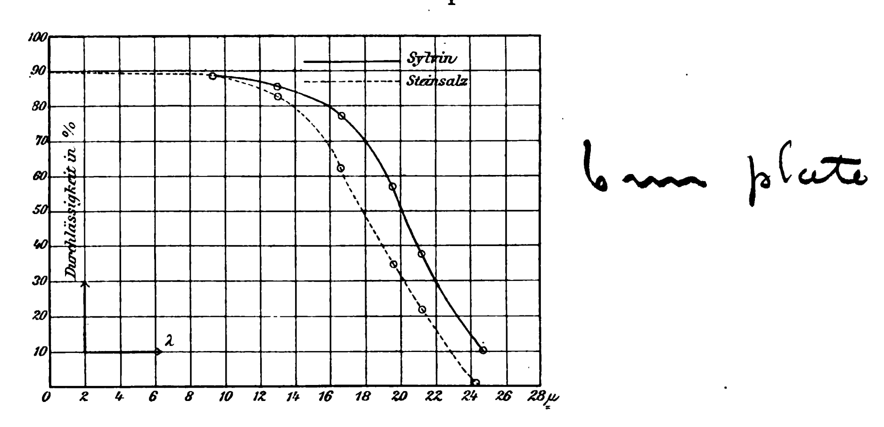
(Vgl. oben p. 107.)

Die Thatsache, dass Steinsalz und Sylvin für gewisse Arten von Wärmestrahlen starke Absorption besitzen, ist zuerst von Gustav Magnus experimentell festgestellt worden, welcher zeigte, dass die von erwärmtem Steinsalz ausgesandten Strahlen von Steinsalz und Sylvin nur in geringem Betrage hindurchgelassen werden.

Eine genauere Untersuchung des Absorptionsspectrums dieser beiden Stoffe für Wärmestrahlen, deren Wellenlänge 10 μ übersteigt, habe ich in folgender Weise ausgeführt.

Vor dem Spalt eines Spiegelspectrometers befindet sich als Wärmequelle ein mit Eisenoxyd bedecktes Platinblech, welches von hinten durch eine Gebläseflamme zu heller Rothgluth erhitzt wird. Auf dem Tischchen des Spectrometers ist ein aus geschwärzten Silberdrähten gefertigtes Beugungsgitter aufgesetzt, und ein Linearbolometer gestattet die Beobachtung der Energie im Beugungsspectrum. Zwischen Lichtquelle und Spalt ist eine mit Russ bedeckte Chlorsilberplatte eingeschaltet, welche die Eigenschaft besitzt, nur die von der Lichtquelle ausgehenden langen Wellen hindurchzulassen. Das benutzte Beugungsgitter erzeugt infolge seiner eigenartigen Construction nur die Spectren mit ungerader Ordnungszahl, sodass nur die Spectren erster, dritter, fünfter Ordnung u. s. w. auftreten. Die Energiemessung im Gitterspectrum wird dadurch sehr erschwert, dass eine theilweise Uebereinanderlagerung der Spectra stattfindet, sodass man gleichzeitig mit der Wellenlänge λ des Spectrums erster Ordnung die Wellenlängen $\frac{1}{3}\lambda$, $\frac{1}{5}\lambda$ . . . der Spectren dritter, fünfter... Ordnung auf das Bolometer fallen. Von dieser Verunreinigung des Spectrums erster Ordnung durch die darübergelagerten Spectra höherer Ordnung habe ich mich auf folgende Weise frei gemacht.

Die Absorption der Steinsalz- und Sylvinplatten wurde in der üblichen Weise dadurch beobachtet, dass an einer Anzahl von Stellen im Spectrum die Energie sowohl mit wie ohne Einschaltung dieser Steinsalz- bez. Sylvinplatte bolometrisch gemessen und das Verhältniss der Ausschläge gebildet wurde. Die Beobachtung des Bolometerausschlages wurde indessen nicht, wie gewöhnlich, durch Einschalten eines Metallschirmes in den Strahlengang, sondern durch Einführung einer Flussspathplatte in denselben bewirkt. Diese Flussspathplatte von nahezu 6 mm Dicke ist für die untersuchten Wärmestrahlen des Spectrums erster Ordnung von 10—21 μ Wellenlänge praktisch ein ebenso stark absorbirender Körper wie ein Metall-



schirm, dagegen lässt sie die von den Spectren höherer Ordnung herrührenden Wärmestrahlen, deren Wellenlänge durchweg unterhalb 7 μ liegt, bis auf einen von der Reflexion herrührenden Bruchtheil, welcher ungefähr 6 Proc. beträgt, ungeschwächt hindurch. Die Erwärmung des Bolometerwiderstandes bei Entfernung des Flussspathschirmes aus dem Strahlengang rührt somit fast ausschliesslich von den langen Wellen her, welche dem Spectrum erster Ordnung angehören. Berücksichtigt man ferner, dass bei dem hier angewendeten Gitter die Gesammtenergie der einzelnen Spectra wie das Quadrat ihrer Ordnungszahl abnimmt, dass dagegen die Dispersion innerhalb derselben der Ordnungszahl proportional zunimmt, so gelangt man zu dem Ergebniss, dass die Anwendung einer Flussspathplatte an Stelle des üblichen Metall-

schirmes die Wirkung der Spectra höherer Ordnung auf ein die Beobachtungen nicht mehr merklich beeinflussendes Maass herabsetzt.

Die Resultate der Beobachtungen sollen an anderer Stelle genauer wiedergegeben werden, während ich mich hier auf eine graphische Darstellung der Ergebnisse beschränke. Die beiden Curven geben die Durchlässigkeit zweier 6 mm dicker Platten aus Steinsalz bez. Sylvin als Function der Wellenlänge. Die beiden letzten Punkte bei 24,4 μ sind abweichend von der oben beschriebenen Methode mit Hülfe der dreimal an Flussspath reflectirten Strahlen, deren Wellenlänge Hr. E. F. Nichols und ich zu 24,4 μ bestimmt haben, ohne spectrale Zerlegung erhalten worden. Man erkennt, dass die Absorption beider Substanzen bei 12 μ bereits merklich ist und bei 24,4 μ sehr beträchtlich, bei Steinsalz sogar nahezu vollständig wird.

Die Depolarisation von Platin- und Quecksilberelectroden; von G. Meyer und K. Klein.

(Vorgelegt am 6. November 1896.)

(Vgl. oben p. 107.)

Gegenstand der Untersuchung ist das Verschwinden der Polarisation im offenen Zustande der polarisirten Zelle. Um das Vergehen beider Arten der Polarisation getrennt verfolgen zu können, wurde die eine Electrode sehr klein, die andere 100 bis 300 Male grösser gewählt. In diesem Falle tritt die Polarisation nur an der kleinen Electrode auf, während der Zustand der grossen Electrode ungeändert bleibt. Je nachdem die kleine Electrode als Anode oder Kathode gedient hat, ist die Möglichkeit gegeben, die anodische oder kathodische Depolarisation zu untersuchen. Die Messung der jeweils vorhandenen electromotorischen Kraft der Polarisation geschah mittelst eines Capillarelectrometers, dessen Meniscus mit der kleinen Electrode bei Untersuchung der kathodischen, mit der grossen Electrode bei Untersuchung der anodischen Depolarisation verbunden war, während die grosse Quecksilberfläche des Electrometers mit der entsprechenden anderen Electrode der Zelle in Verbindung stand. Durch diese Anordnung ist erreicht, dass bei jeder Art der Polarisation der Meniscus des Electrometers sich stets in demselben Sinne bewegt. In beiden Fällen giebt nach Entfernung der polarisirenden Kraft der Stand des Meniscus den in jedem Momente vorhandenen Betrag der Polarisation an, deren im Laufe der Zeit erfolgenden Verfall man an der Veränderung der Stellung des Meniscus nach den Schlägen einer Secundenuhr verfolgen kann. Die Capacität des Electrometers konnte gegen die der kleinen Electrode vernachlässigt werden.

Zur Untersuchung gelangten Hg- und Pt-Electroden. Im ersten Falle war die grosse Electrode durch Ueberschichtung des Bodens mit Hg hergestellt, während die kleine durch einen amalgamirten Platindraht gebildet wurde; im zweiten Falle

standen sich ein blanker Pt-Draht von rund 10 bis 20 mm^2 Oberfläche und ein Blech von 30 cm^2 einseitiger Oberfläche gegenüber.

Polarisirt wurde mit einer Spannung, welche 0,2 Volt ein wenig übertraf, eine gemessene Zeit hindurch — 10 s bis 1 m, in wenigen Fällen 2 m —, und nach Unterbrechung des polarisirenden Stromes der Rückgang des Capillarelectrometers in seine Ruhestellung beobachtet. Als Maass für die Geschwindigkeit der Deporalisation diente die Zeit, nach welcher die Polarisation von 0,2 Volt auf 0.1 Volt gesunken war. Der weitere Verlauf der Depolarisation wurde nicht beachtet, um den Unregelmässigkeiten zu entgehen, welche durch die fast immer vorhandenen geringen Potentialdifferenzen zwischen der kleinen und der grossen Electrode hervorgerufen wurden. Beobachtungen an Hg-Electroden in Lösungen von H_2SO_4, $MgSO_4$, $Mg(NO_3)_2$, Na_2SO_4, $NaNO_3$, Na_2CO_3, NaOH, $NaC_2H_3O_2$, NaCl, NaJ, NaBr, an Pt-Electroden in Lösungen der genannten Na-Salze und in HCl-Lösung, wobei sämmtliche Lösungen 0,05 normal waren, haben nun die folgenden Gesetzmässigkeiten erkennen lassen:

1. Die Grösse der polarisirten Electrode, so lange diese gering bleibt gegen die andere Electrode, hat keinen Einfluss auf die Depolarisation;

2. die Geschwindigkeit der Depolarisation nimmt ab mit zunehmender Dauer der vorangegangenen Polarisation;

3. bei ungeänderter Dauer der Polarisation nimmt die Depolarisationsgeschwindigkeit mit wachsender Temperatur zu;

4. löst man in dem Electrolyten ein Salz auf, dessen Säure mit der des Electrolyten übereinstimmt, dessen Basis das Metall der Electroden ist (Metallsalz), so wird die kathodische Depolarisationsgeschwindigkeit erhöht;

5. die Depolarisationsgeschwindigkeit von Pt-Electroden ist mit einer gleich zu erwähnenden Einschränkung geringer als die von Hg-Electroden in den nämlichen Electrolyten;

6. in Lösungen von NaOH, Na_2CO_3, NaBr, NaJ haben Hg-Electroden und in Lösungen von NaOH und Na_2CO_3 haben Pt-Electroden nahezu gleichgrosse Depolarisationsgeschwindigkeiten für kathodische Polarisation;

7. in allen untersuchten Fällen verschwindet die anodische Polarisation langsamer als die kathodische.

Wir wollen versuchen diese Thatsachen einheitlich zusammenzufassen, indem wir die Polarisation als durch einen Leitungsstrom [1]) hervorgerufen ansehen. In einer grossen Zahl von Fällen bildet sich in dem Electrolyten ein Salz, dessen Basis das Metall der Electroden ist, dessen Säure mit der des Electrolyten übereinstimmt. Dieses Salz, kurzweg Metallsalz genannt, wird auf der Oberfläche der Electroden verdichtet, und zwischen der Dichtigkeit des verdichteten Salzes und der Dichte im Innern des Electrolyten besteht ein Gleichgewichtszustand. Die oben mitgetheilten Thatsachen beziehen sich auf Zellen, deren eine Electrode sehr klein gegen die andere ist.

Durch eine angelegte polarisirende Kraft wird die Oberflächendichtigkeit des Metallsalzes an der kleinen Electrode auf den Werth Γ gebracht. Bezeichnet Γ_0 die ursprüngliche Dichte des Metallsalzes an der Oberfläche, welche an der grossen Electrode ungeändert geblieben ist, und sind u und u_0 die Dichtigkeiten des Metallsalzes im Innern des Electrolyten, welche mit Γ und Γ_0 im Gleichgewicht sind, so ist die electromotorische Kraft der polarisirten Zelle die eines Concentrationsstromes mit dem Concentrationsverhältniss u_0/u, also die Polarisation

$$x = C \log \text{nat} \frac{u_0}{u}. \tag{1}$$

Die Folge einer kathodischen Polarisation ist die Ausfällung von Metall und Verringerung des Gehaltes des Electrolyten am Metallsalz in der Umgebung der Electrode, welche zur Bildung eines an Metallsalz armen Hofes führt. Nach Entfernung der polarisirenden Kraft wird sich der ursprüngliche Zustand dadurch wieder herstellen, dass sowohl Metall der Electrode neu in Lösung geht, als auch aus dem Electrolyten Metallsalz in den Hof hinein diffundirt. Eine anodische Polarisation bewirkt Bildung von neuem Salz; hierdurch entsteht um die Electrode ein an Metallsalz reicher Hof. Der Vorgang der Depolarisation besteht darin, dass zwischen dem Hofe und dem übrigen Electrolyten durch Diffusion ein Aus-

1) Warburg, Wied. Ann. 41. 1. 1890.

tausch von Metallsalz stattfindet und nach kathodischer Polarisation Neubildung von Salz geschieht. Diese Auffassung erklärt das langsame Verschwinden der anodischen und das schnellere Vergehen der kathodischen Polarisation, da im ersteren Falle nur die Diffusion, im letzteren Diffusion und Neubildung von Salz den Hof zerstören. Die Depolarisation findet auch statt während der Dauer der Polarisation, und die Folge ist, dass der polarisirende Strom niemals ganz verschwindet, sondern ein Reststrom bestehen bleibt, welcher je nach der Art der Polarisation das an die Electroden gelangende Metallsalz fortdauernd zerlegt oder neues Salz bildet. Die Grösse des Hofes wächst daher mit der Dauer der Polarisation, und das Verschwinden derselben wird desto mehr Zeit erforden, je grösser der Hof ist, oder je länger die Polarisation gedauert hat, eine Erscheinung, welche durch die Erfahrung bestätigt ist. Ein Zusatz von Metallsalz zum Electrolyten nähert die Electroden dem Zustande einer unpolarisirbaren Electrode und die kathodische Polarisation verschwindet schneller als wenn der Zusatz fehlt. Der polarisirende Strom vermag in diesem Falle nur einen kleinen Hof zu erzeugen, welcher nach Entfernung der polarisirenden Kraft schnell wieder verschwindet, und bei einem hohen Gehalt an Metallsalz gelingt es überhaupt nicht, einen Hof durch Polarisation hervorzubringen, da aus einer solchen Lösung die Verdichtung des Salzes auf der Oberfläche der Electroden schnell und reichlich stattfindet. Die starke Zunahme der kathodischen Depolarisationsgeschwindigkeit mit der Temperatur lässt sich theils auf das gleichzeitige Anwachsen der Diffusionscoefficienten zurückführen, theils auf den bei höherer Temperatur grösseren Gehalt des Electrolyten an Metallsalz, welcher durch die Zunahme der Löslichkeit des Electrodenmetalles mit der Temperatur bewirkt wird. Als Erklärung für die Zunahme der anodischen Depolarisationsgeschwindigkeit mit der Temperatur lässt sich einstweilen nur die Zunahme der Diffusionscoefficienten mit wachsender Temperatur anführen.

Der Einfluss des Zusatzes von Metallsalz zum Electrolyten auf die anodische Depolarisation ist nicht untersucht, da nach dem Zusatze die Hg-Electroden anodisch unpolarisirbar geworden

waren, und da die Pt-Electroden unter diesen Bedingungen unsichere Resultate lieferten.

Die sehr grossen kathodischen Depolarisationsgeschwindigkeiten von Hg-Electroden in Lösungen von NaOH, Na_2CO_3, NaBr, NaJ und von Pt-Electroden in Lösungen von NaOH und Na_2CO_3 gehen wohl darauf zurück, dass bei kathodischer Polarisation sich HgNa bez. PtNa bildet, und dass der Verfall der Polarisation durch die sehr lebhaft erfolgende Zersetzung dieser Körper in wässerigen Lösungen bedingt ist.

Mit Hülfe der Formel (1) kann man zu einem Ausdruck gelangen für die in jedem Augenblick während der Depolarisation vorhandene Polarisation, wenn man eine Annahme macht über die Abhängigkeit von u von der Zeit. Eine zweckentsprechende Annahme ist

$$\frac{du}{at} = \alpha (u_0 - u),$$

welche durch Integration liefert:

$$u = u_0 - (u_0 - u_1) e^{-at}, \tag{2}$$

u_1 den Werth von u bedeutet zur Zeit $t = 0$, wenn die Depolarisation beginnt. Setzt man (2) in (1) ein, so ergiebt sich:

$$x = C \log \text{nat} \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{u_1}{u_0}\right) e^{-at}} = -C \log \text{nat} \left(1 - \left(1 - \frac{u_1}{u_0}\right) e^{-at}\right). \tag{3}$$

Für $t = 0$ ist $x = V$; und $u = u_1$, also

$$V = C \log \text{nat} \frac{u_0}{u_1}$$

oder

$$\frac{u_1}{u_0} = e^{-\frac{V}{C}}.$$

Setzt man $1 - e^{-V/C} = b$, so wird

$$-C = \frac{V}{\log \text{nat} (1 - b)}$$

und (3) geht, wenn man zugleich die natürlichen Logarithmen durch die Briggi'schen ersetzt, über in

$$x = V \frac{\log (1 - b e^{-at})}{\log (1 - b)}. \tag{4}$$

Zur Prüfung dieser Formel sind von verschiedenen Be-

obachtungsreihen je zwei Beobachtungen gewählt und aus diesen die Constanten a und b berechnet.

Die Gleichung (4) stellt dann die ganze Beobachtungsreihe mit grosser Genauigkeit dar.

Pt in H_2SO_4
10 sec. kathod. polarisirt; $t = 23{,}9$

sec	B	R	$B-R$
0	0,505	0,505	±0,000
1	0,388	0,370	+0,018
2,2	0,324	0,320	+0,004
3	0,295	0,299	−0,004
5	0,268	0,265	+0,003
7	0,242	0,242	±0,000
10	0,218	0,218	±0,000
14	0,196	0,195	+0,001
19	0,177	0,175	+0,002
23	0,157	0,162	−0,005
31	0,137	0,142	−0,005
42	0,118	0,122	−0,004
59	0,101	0,101	±0,000
83	0,084	0,086	−0,002

$b = 0{,}99919$
$a = 0{,}00465$

Pt in NaJ
10 sec. kathod. polarisirt; $t = 19{,}3$

sec	B	R	$B-R$
0	0,205	0,205	±0,000
1	0,196	0,195	+0,001
4	0,176	0,176	±0,000
9	0,155	0,156	−0,001
18	0,137	0,137	±0,000
32	0,120	0,119	+0,001
56	0,103	0,101	+0,002
98	0,083	0,083	±0,000
140	0,068	0,071	−0,003

$b = 0{,}9970$
$a = 0{,}0009975$

Hg in $MgSO_4$
10 sec. kathod. polarisirt; $t = 21{,}0$

sec	B	R	$B-R$
0	0,208	0,208	±0,000
1	0,165	0,165	±0,000
2	0,153	0,154	−0,001
3	0,144	0,137	+0,007
6	0,124	0,119	+0,005
10	0,104	0,104	±0,000
15	0,089	0,092	−0,003

$b = 0{,}9991$
$a = 0{,}002973$

Hg in $MgSO_4$
10 sec. anod. polarisirt; $t = 24{,}0$

sec	B	R	$B-R$
0	0,208	0,208	±0,000
1	0,181	0,181	±0,000
3	0,160	0,155	+0,005
6	0,142	0,138	+0,008
9	0,123	0,121	+0,002
15	0,104	0,104	±0,000
25	0,087	0,087	±0,000
40	0,073	0,056	+0,017

$b = 0{,}9964$
$a = 0{,}003869$

Aus den den unterstrichenen Zeiten zugehörenden Beobachtungen sind die Constanten berechnet.

Die Mittheilung weiteren Beobachtungsmateriales muss einer demnächst erscheinenden, ausführlichen Publication vorbehalten bleiben.

Photographie eines Blitzes; von A. Blümel.

(Vorgetragen am 23. October 1896.)

(Vgl. oben p. 83.)

Das Bild zeigt den ganzen Weg des Blitzstrahls von seiner Entstehung in den Wolken bis zur Einschlagstelle. Der Blitz verzweigt sich direct unterhalb der Wolke in zwei Strahlen, von denen der schwächere nur 100 Schritte vom Beobachter entfernt in eine Weide ging, während der Hauptstrahl 400 Schritte entfernt in ein Erlengebüsch schlug. Beide erschienen dem Auge gleich blendend, während die photographische Platte deutlich den grossen Unterschied ihrer Intensitäten zeigt. Auf dem Bilde ist neben dem unteren Theile des Hauptblitzes eine Telegraphenstange abgebildet, welche nur 100 Schritte vom Apparat entfernt stand. Ihr Durchmesser erscheint kleiner als der des Blitzes und zwar beträgt derselbe nur etwa $^2/_3$ vom Durchmesser des 400 Schritte entfernten Hauptstrahls, woraus auf die Stärke dieses Blitzes ein Schluss zu ziehen möglich ist.

Unter der Annahme, dass die Entstehung des Blitzes in den Wolken ungefähr senkrecht über der Einschlagstelle lag, war es möglich, einen Schluss auf die Höhe der Gewitterwolke selbst zu ziehen. Nachdem nämlich am folgenden Tage der photographische Apparat genau wieder so aufgestellt war, wie er während des Gewitters gestanden hatte, konnte mit Hülfe des inzwischen entwickelten Bildes die Stelle auf der matten Glasscheibe der Camera angegeben werden, wo der Blitz am Abend vorher in den Wolken scheinbar entstanden war. Wurde nun eine senkrecht gehaltene Stange vor dem Apparat so lange bewegt, bis die Spitze derselben sich genau auf diesem Punkte abbildete, so konnte aus der Länge der Stange, ihrer Entfernung und der Entfernung der Einschlagstelle vom Apparat die Höhe der Gewitterwolke berechnet werden. Zwei so angestellte Versuche mit verschieden langen Stangen ergaben das übereinstimmende Resultat, dass die Höhe der Wolke nur

etwa 150 m, genau 146 m, gewesen war. Bei dieser geringen Höhe ist es erklärlich, dass trotz der geringen Entfernung des Blitzes die gesammte Blitzbahn auf der Platte abgebildet werden konnte.

Das Bild zeigt dann noch einige Blitze in den Wolken, von denen der eine die Bahn des zur Erde gehenden Blitzes zu schneiden scheint. Vielleicht ist die Annahme gerechtfertigt, dass diese in den Wolken sich verzweigenden Blitze durch ihre Belichtung die Ursache für die Entstehung des zur Erde gehenden Blitzes gewesen sind.

Andere interessante Einzelheiten dieses Blitzbildes würden nur bei Abbildung der Photographie verständlich sein.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 15. Nr. 6.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

Sitzung vom 20. November 1896.

Vorsitzender: Hr. W. VON BEZOLD.

Hr. F. **Neesen** sprach

über Röntgenröhren und Röntgenstrahlen.

Hr. E. **Warburg** trug darauf vor

über das Verhalten sogenannter unpolarisirbarer Electroden gegen den Wechselstrom.

Hr. F. **Kohlrausch** besprach

die Platinirung von Electroden für telephonische Bestimmung von Flüssigkeitswiderständen.

Ueber das Verhalten sogenannter unpolarisirbarer Electroden gegen Wechselstrom; von E. Warburg.

(Vorgetragen am 20. November 1896.)

(Vgl. oben p. 119.)

§ 1. Das Verhalten polarisirbarer Electroden gegen Wechselstrom wurde zuerst von F. Kohlrausch[1]) untersucht. Er setzte die Polarisation p der Electrode der durch sie hindurchgegangenen Electricitätsmenge proportional, also

$$p = \frac{1}{C} \cdot \int j\, d\, t,$$

wenn j die Stromstärke, C eine Constante, die sogenannte Capacität der Polarisation, bedeutet und p positiv gerechnet wird, wenn es j entgegengerichtet ist. Nimmt man an

$$j = a \sin m\, t,$$

so wird

$$p = \frac{1}{C} \cdot \int a \sin m\, t\, d\, t, \tag{1}$$

oder, wenn in p nur der periodisch variabele Theil beibehalten wird,

$$p = \frac{a}{C \cdot m} \cdot \sin\left(m\, t - \frac{\pi}{2}\right). \tag{1a}$$

Nach neueren Untersuchungen von M. Wien[2]) und Orlich[3]) muss der Ansatz (1) etwas verallgemeinert, nämlich gesetzt werden:

$$p = \frac{1}{C} \cdot \int a \sin(m\, t + \psi)\, d\, t, \tag{2}$$

oder

$$p = \frac{a}{C \cdot m} \cdot \sin\left\{m\, t - \left(\frac{\pi}{2} - \psi\right)\right\}, \tag{2a}$$

wo ψ nach den Beobachtungen zwischen 0 und $\pi/2$ liegt; das Maximum der Polarisation erfolgt demnach schon früher, als nach dem Ansatz (1a). Dies muss, wie Orlich gezeigt

1) F. Kohlrausch, Pogg. Ann. **148.** p. 443. 1872.
2) M. Wien, Wied. Ann. **58.** p. 37. 1896.
3) E. Orlich, Inauguraldissert. Berlin 1896.

hat, wegen der Depolarisation der Electroden eintreten, wobei nicht ausgeschlossen ist, dass noch andere Umstände mitwirken. C soll auch hier die Capacität der Polarisation heissen.

Enthält nun der Zweig 1 einer WHEATSTONE'schen Brückenanordnung eine polarisirbare Zelle und eine Selbstinduction P, so verschwindet nach den Herren M. WIEN und ORLICH der Strom in der Brücke, wenn

$$(3) \qquad \left\{ \begin{array}{l} \frac{\delta w_1}{P m} = \operatorname{tg} \psi, \\ \frac{1}{P m^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\delta w_1}{P m}\right)^2}} = C, \end{array} \right.$$

wo, wenn der w_1 gegenüberliegende Zweig w_3 heisst,

$$\delta w_1 = \frac{w_2 w_4}{w_3} - w_1.$$

Nach diesen Gleichungen sind von den genannten Beobachtern die Grössen C und ψ für verschiedene Fälle experimentell bestimmt worden. Doch sind bis jetzt meines Wissens in keinem Falle diese Grössen aus einer Theorie der Polarisation berechnet worden.

Im Folgenden erlaube ich mir diese Berechnung für den Fall sogenannter unpolarisirbarer Electroden (z. B. Silberelectroden in Silbernitratlösung) zu geben.

§ 2. Wir betrachten also Metallelectroden in der Lösung eines Salzes, dessen Metall das der Electrode ist. Dann kommt bekanntlich die Veränderung, welche der Strom in der Lösung hervorbringt, darauf hinaus, dass Salz von der Kathode zur Anode hin transportirt wird. Die betrachtete Electrode sei Endquerschnitt q eines vom Electrolyten erfüllten geraden Cylinders, u_a sei die Geschwindigkeit des Anions, die Lösung enthalte $\mathfrak{m}$ g-Aequivalente Salz im Cubikcentimeter. Dann beträgt die in der Secunde transportirte Salzmenge

$$q \cdot u_a \cdot \mathfrak{m} \cdot \text{g-Aequivalente.}$$

Ist andererseits u_k die Geschwindigkeit des Kations, j die Stromstärke, A das electrochemische Aequivalent des Silbers, n die HITTORF'sche Ueberführungszahl, so ist

$$(u_a + u_k) \cdot q \cdot \mathfrak{m} = j \cdot \frac{A}{107{,}7}, \qquad \frac{u_a}{u_a + u_k} = n.$$

Mithin ist, wenn $\mathfrak{A}$ das Aequivalentgewicht des Salzes bedeutet, die in der Secunde transportirte Salzmenge μ

$$\mu = j \,.\, n \,.\, \frac{A}{107{,}7} \,.\, \mathfrak{A}.$$

Eine aus der Wärmelehre geläufige Betrachtung lehrt, dass diese zu einer Electrode hin transportirte Salzmenge gleich der durch den sich bildenden Diffusionsstrom von ihr fortströmenden sein muss. Ist also k die Diffusionsconstante, c die Concentration, wird die z-Axe senkrecht zur Electrodenfläche genommen, und wird der Strom in der Richtung der positiven z-Axe positiv gerechnet, so muss an der Electrode ($z = 0$) sein:

$$0 = \mu + q \,.\, k \,.\, \left(\frac{\partial c}{\partial z}\right)_0$$

oder

$$\left(\frac{\partial c}{\partial z}\right)_0 = - j n \,.\, \frac{A}{107{,}7} \,.\, \frac{\mathfrak{A}}{q \,.\, k} \,. \tag{4}$$

§ 3. An der Electrode bestehe nun ein Wechselstrom in der Richtung der z-Axe

$$j = a \,.\, \sin m t.$$

Derselbe bringt periodische Concentrationsänderungen an ihr hervor, welche in grosser Entfernung von ihr verschwinden. Um diese Concentrationsänderungen zu berechnen, hat man die Gleichung

$$\frac{\partial c}{\partial t} = k \,.\, \frac{\partial^2 c}{\partial z^2}$$

zu integriren unter den Bedingungen:

$$\left\{\begin{aligned} & z = 0 \\ & \frac{\partial c}{\partial z} = - b \,.\, a \,.\, \sin m t \\ & b = \frac{n \,.\, A \,.\, \mathfrak{A}}{107{,}7 \,.\, q \,.\, k} \end{aligned}\right. \qquad \left\{\begin{aligned} & z = \infty \\ & c = c^0, \end{aligned}\right.$$

wenn c^0 die ursprüngliche Concentration bedeutet.

Das dem stationären Zustande entsprechende Integral ist

$$\left\{\begin{aligned} & c = c^0 - \frac{a \,.\, b \,.\, \zeta}{\sqrt{2}} \,.\, e^{-\frac{z}{\zeta}} \,.\, \cos\left(m t - \frac{z}{\zeta} + \frac{\pi}{4}\right) \\ & \zeta = \sqrt{\frac{2 k}{m}} \end{aligned}\right. \tag{5}$$

Also für $z = 0$

(6) $$c_0 = c^0 - \frac{a \,.\, b \,.\, \zeta}{\sqrt{2}} \,.\, \cos\left(m\,t + \frac{\pi}{4}\right)$$

ζ ist die Entfernung von der Electrode, in welcher die Amplitude der Concentrationswelle auf $1/e$ des an der Electrode stattfindenden Werthes reducirt ist. In den in den Versuchen vorkommenden Fällen ist diese Entfernung ein Bruchtheil eines Millimeters. Die Concentrationswellen sind ähnlich den Temperaturwellen, welche infolge des Wechsels der Jahreszeiten in den Boden eindringen.

§ 4. Der betrachteten Electrode stehe als zweite eine als unendlich gross zu betrachtende gegenüber, so besteht an dieser stets die Concentration c^0, und nach der Theorie der Concentrationsströme ist die electromotorische Kraft der Polarisation

(7) $$\begin{cases} p = e \,.\, \log \text{nat} \,.\, \dfrac{c_0}{c^0} \\ e = R \,.\, \vartheta \,.\, \dfrac{f}{w} \,.\, \dfrac{A}{107{,}7} \,.\, n \,. \end{cases}$$

R ist die Gasconstante, ϑ die absolute Temperatur, w die Werthigkeit des Metalles, f die Zahl der Ionen, in welche eine electrolytische Molekel dissociirt ist; in dem Ausdruck für e ist angenommen, dass alle Molekeln dissociirt sind. Mit Rücksich auf (6) wird:

(8) $$p = e \,.\, \log\left\{1 - \frac{a \,.\, b \,.\, \zeta}{c^0 \sqrt{2}} \,.\, \cos \,.\left(m\,t + \frac{\pi}{4}\right)\right\}.$$

Sind die Concentrationsänderungen unendlich klein gegen die ursprüngliche Concentration c^0:

$$p = -\,e \,.\, \frac{a \,.\, b \,.\, \zeta}{c^0 \sqrt{2}} \,.\, \cos \,.\left(m\,t + \frac{\pi}{4}\right)$$

oder

(8a) $$p = e \,.\, \frac{a \,.\, b \,.\, \zeta}{c^0 \sqrt{2}} \,.\, \sin\left(m\,t - \frac{\pi}{4}\right).$$

Die Vergleichung von 2a mit 8a liefert:

$$C = \frac{c^0 \sqrt{2}}{e\, b\, \zeta\, m}$$

oder

$$\frac{C}{q} = C_1 = \left(\frac{107{,}7}{A}\right)^2 \frac{1}{2{,}263 \,.\, 10^{10}} \,.\, \frac{w \sqrt{k}}{n^2 f \mathfrak{A}} \,.\, \frac{c^0\, \vartheta^0}{\sqrt{m} \,.\, \vartheta}$$

oder

$$(9)\quad \left\{ \begin{array}{l} C_1 = 0{,}00410 . \dfrac{w \sqrt{k}}{n^2 f . \mathfrak{A}} . \dfrac{\vartheta_0 c^0}{\vartheta \sqrt{m}} \\ \text{ferner} \\ \psi = \dfrac{\pi}{4} . \end{array} \right.$$

C_1, die Capacität pro Quadratcentimeter, entspricht der von Hrn. WIEN durch $\mathfrak{C}$, von Hrn. ORLICH durch x bezeichneten Grösse. Wird als zweite Electrode nicht eine unendlich grosse, sondern eine der ersten gleiche genommen, so wird die Capacität gleich $^1/_2\, C_1$.

Für Silberelectroden in Silbernitratlösung ist:

$$n = 0{,}5 \quad \mathfrak{A} = 169{,}7 \quad w = 1 \quad k = \frac{0{,}81}{86\,400} \quad f = 2 .$$

Für eine Temperatur von 18^0 ($\vartheta = 290{,}5$) ergiebt sich alsdann

$$C_1 = 13{,}89 . 10^{-8} . \frac{c^0}{\sqrt{m}} = 13{,}89 . 10^7 . \frac{c^0}{\sqrt{m}} \text{ mf.}$$

Für $m = 200 . 2\pi$

$$c^0 = \frac{0{,}1697}{1000} \text{ (1 g äquivalent in 1000 l)}$$

ergiebt sich

$$C_1 = 664{,}8 \text{ mf.}$$

§ 5. Einige Versuche des Hrn. WIEN erfüllen angenähert die Bedingungen der gegebenen Theorie. Diese Versuche beziehen sich auf Quecksilberelectroden in NaCl-Lösung, welche mit Calomel, das spurenweise in Lösung geht, gesättigt ist. Der Fall ist zwar wegen der Gegenwart des NaCl nicht genau dem behandelten entsprechend, entspricht ihm aber in den bei der Vergleichung in Betracht kommenden Punkten unter der Annahme, dass die electromotorische Kraft der Polarisation nur von der Concentrationsänderung des gelösten Quecksilbersalzes abhängt. Die Angaben des Hrn. M. WIEN [1]) sind in der hier gewählten Bezeichnung in den ersten drei Columnen der folgenden Tabelle verzeichnet.

1) M. WIEN, l. c. p. 62.

$\frac{m}{2\pi}$	C_1 in mf.	ψ	$C_1 \sqrt{\frac{m}{2\pi}}$	C_1 ber.	Δ
535	538	41° 50′	12450	560	+4 Proc.
256	842	39	13470	810	−4
128	1180	42 10	13350	1146	−3
64	1570	45 50	12560	1620	+3
			Mittel: 12960		

Man sieht zunächst, dass ψ nahezu $= \pi / 4$ ist. Die 4. Columne enthält die Grösse $C_1 . \sqrt{m / 2\pi}$, welche nach (9) constant sein soll und um den Mittelwerth 12960 schwankt. Die 5. Columne enthält die aus diesem Mittelwerth berechneten Werthe von C_1, welche nach der 6. Columne von den beobachteten um 3—4 Proc. der berechneten Werthe abweichen. Die absoluten Werthe von C_1 können nicht berechnet werden, da die Concentration c^0 der Calomellösung nicht bekannt ist.

§ 6. Ich habe früher gezeigt[1]), dass sich in dem sauerstoffhaltigen Electrolyten etwas von dem Metall der Electroden als Metallsalz löst und daraus geschlossen, dass ein Theil der Polarisation von der durch den Strom bewirkten Concentrationsänderung dieses Metallsalzes herrührt. Entspringt die Polarisation ganz aus dieser Ursache, so muss nach dem Vorstehenden C_1 der Quadratwurzel aus der Schwingungszahl umgekehrt proportional und $\psi = \pi / 4$ sein. Das trifft in dem § 5 behandelten Fall zu, eine Annäherung an das geforderte Verhalten zeigen naah Hrn. M. Wien platinirte Platinelectroden in gesättigter NaCl-Lösung. Auch nicht annähernd ist die Forderung erfüllt für den Fall von Hg oder blanken Platinelectroden in den wässerigen Lösungen leichter Metallsalze, indem nach den Versuchen der Hrn. M. Wien und Orlich C_1 sich hier nur wenig mit der Schwingungszahl ändert und ψ viel kleiner als $\pi/4$ ist, nämlich 3—20° beträgt. Hier müssen also andere Umstände von wesentlicher Bedeutung sein. Für die Theorie des Capillarelectrometers ist das Verhalten von Quecksilberelectroden in Schwefelsäurelösung von grossem Interesse. Experimentelle Untersuchungen in der angegebenen Richtung werden im hiesigen Institut gemacht.

Berlin, den 11. Nov. 1896.

---

1) E. Warburg, Wied. Ann. 38. p. 343. 1889.

Die Platinirung von Electroden für telephonische Bestimmung von Flüssigkeitswiderständen; von F. Kohlrausch.

(Vorgetragen am 20. November 1896.)

(Vgl. oben p. 119.)

Der Vortragende zeigte, dass die electrolytische Platinirung von Electroden mittels der von den Herren Lummer und Kurlbaum empfohlenen Lösung, unter Herstellung hinreichend starker Niederschläge, vorzügliche Resultate für die telephonische Bestimmung von Flüssigkeitswiderständen ergiebt. Zwischen Electroden von nur $^1/_2$ cm² Fläche lassen sich Widerstände bis 20 Ohm abwärts gut bestimmen.

Hierdurch wird eine Vereinfachung des Verfahrens ermöglicht, indem man die Widerstände in U-förmigen Röhren bestimmt: entweder so, dass unter Anwendung eines verschiebbaren Brückencontactes die Electroden auf bestimmte Marken eingestellt werden, zwischen denen die Widerstandscapacität des Raumes bekannt ist, oder noch einfacher so, dass man die Verschiebung einer der Electroden über einer auf Widerstand calibrirten Theilung vornimmt, wobei constante Brückenzweige genügen. Das Modell einer derartigen Vorrichtung wurde demonstrirt.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 15. Nr. 7.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

Sitzung vom 4. December 1896.

Vorsitzender: Hr. E. WARBURG.

Hr. **M. Thiesen** berichtete

über eine absolute Bestimmung der Wasserausdehnung.

Sitzung vom 18. December 1896.

Vorsitzender: Hr. W. VON BEZOLD.

Hr. H. DU BOIS legte eine Abhandlung des Hrn. **P. Zeeman** (in Amsterdam) vor:

über einen Einfluss der Magnetisirung auf die Natur des von einer Substanz emittirten Lichtes.

Hr. **Th. Des Coudres** trug vor

über die Drehung der Polarisationsebene des Lichtes durch oscillirende Entladungen.

Hr. **K. Kahle** demonstrirte

ein HELMHOLTZ'sches Electrodynamometer.

Ueber einen Einfluss der Magnetisirung auf die Natur des von einer Substanz emittirten Lichtes; von P. Zeeman (in Amsterdam).

(Vorgelegt am 18. Dec. 1896.)

(Vgl. oben p. 127.)

Gelegentlich meiner Messungen über das KERR'sche magnetooptische Phänomen kam mir der Gedanke, ob die Schwingungsdauer des von einer Flamme ausgestrahlten Lichtes geändert werden könne, wenn dieselbe dem Einflusse des Magnetismus unterworfen wird. Es hat sich herausgestellt, dass ein solcher Einfluss des Magnetismus wirklich besteht. Ich führte in eine Gas-Sauerstoffflamme, welche zwischen den Polen eines RUHMKORFF'schen Electromagneten aufgestellt war, ein mit Kochsalz getränktes Stück Asbest hinein. Mit einem ROWLAND'schen Gitter wurde das Licht der Flamme analysirt. Sobald der Strom geschlossen wurde, erschienen die beiden D-Linien verbreitert. Da man indessen die Verbreiterung auf Rechnung einer durch die bekannte Gestaltsänderung der Flamme unter dem Einfluss des Magnetismus bedingte Temperatur- und Dichtigkeitsänderung des glühenden Na-Dampfes setzen kann, so bin ich in folgender, wie mir scheint sehr viel einwurfsfreierer Weise verfahren. In einem Rohre aus unglasirtem Porzellan, wie sie Hr. PRINGSHEIM bei seinen interessanten Untersuchungen über die Strahlung der Gase verwendet hat, wird Natrium stark erhitzt. An beiden Enden ist das Rohr durch planparallelle Glasplatten geschlossen, die lichte Weite beträgt 1 cm. Das Rohr wird horizontal und senkrecht zu den magnetischen Kraftlinien zwischen die Pole gelegt. Das Licht einer Bogenlampe wird hindurchgeschickt. Im Absorptionsspectrum erscheinen die beiden D-Linien. Das Rohr wird zur Vermeidung von Temperaturungleichheiten fortwährend um seine Axe gedreht. Erregung des Magneten bewirkt sogleich Verbreiterung der Linien. Es erscheint hierauf schon sehr wahrscheinlich, dass die Periode des Natriumlichtes im magnetischen

Mitgliederliste.

Im Jahre 1896 wurden in die Gesellschaft aufgenommen die Herren:

Dr. E. Aschkinass, Prof. Dr. E. Dorn, Dr. A. Galle, Prof. Dr. P. Güssfeldt, L. Hacker, W. Hänsch, Dr. Hecker, Prof. van't Hoff, Prof. Hurmuzescu, Dr. K. Kahle, O. Kiewel, Prof. Dr. O. Rosenbach, Dr. A. Schmidt, Dr. E. Schmidt und Dr. Franz Schütt.

Dagegen verlor die Gesellschaft durch Tod:

Prof. Dr. E. du Bois-Reymond, H. Hänsch und Prof. Dr. F. Petri.

Aus der Gesellschaft schieden aus die Herren:

Dr. S. S. Epstein, Prof. Dr. M. Hamburger, Dr. E. Koebke und Dr. C. Weltzien.

Am Ende des Jahres 1896 waren Mitglieder der Gesellschaft:

Hr. Prof. Dr. Adami in Bayreuth.
— Dr. Altschul*), N., Rügenerstrasse 1.
— Prof. K. Ångström, Upsala.
— F. S. Archenhold, Treptow, Sternwarte.
— Prof. Dr. H. Aron, W., Lichtensteinallee 3a.
— Dr. L. Arons, SW., Königgrätzerstrasse 109.
— Dr. E. Aschkinass, W., Kurfürstendamm 22.
— Prof. Dr. R. Assmann, Falkenberg bei Berlin.
— Dr. E. van Aubel, Brüssel, Rue de Comines 12.
— Prof. Dr. Avenarius, Kiew.
— O. Baschin, W., Schinkelplatz 6.
— Frhr. v. Beaulieu, Cassel.
— Dr. U. Behn, NW., Reichstagsufer 7/8.
— Dr. W. Bein, W., Schaperstr. 36.
— Prof. Dr. P. Benoit, W., Neue Winterfeldstr. 54.
— A. Berberich, SW., Lindenstr. 91.
— Dr. G. Berthold, Ronsdorf.
— Prof. Dr. W. v. Bezold, W., Lützowstrasse 72.
— Prof. Dr. E. Blasius, Charlottenburg, Knesebeckstrasse 96.
— A. Blümel, SO., Melchiorstr. 22.
— Prof. Dr. R. Börnstein, Deutsch-Wilmersdorf bei Berlin, Lieckstrasse 10.
— Dr. H. Böttger, NW., Lessingstrasse 10.
— Dr. H. du Bois, NW., Schiffbauerdamm 21.
— A. du Bois-Reymond, Westend bei Berlin, Ahornallee 42.
— Prof. Dr. L. Boltzmann, Wien IX, Türkenstrasse 3.
— Prof. Dr. F. Braun, Strassburg.
— Prof. Dr. A. Brill, Tübingen.

Hr. Dr. W. Brix, Charlottenburg, Berliner Strasse 13/14.
— Dr. W. Brix jun., SW., Schützenstrasse 3.
— Dr. E. Brodhun, Col. Grunewald, Hubertusbaderstr. 22.
— Dr. C. Brodmann, NW., Cuxhavenerstrasse 15.
— Telegraphendirector Brunner, Wien.
— Prof. Dr. Bruns, Leipzig.
— Prof. Dr. E. Budde, NW., Klopstockstrasse 53.
— Prof. Dr. F. Burckhardt, Basel.
— Dr. R. Burg, Charlottenburg, Goethestrasse 8.
— Dr. F. Caspary, W., Rankestr. 3.
— Prof. Dr. E. B. Christoffel, Strassburg i. E.
— Prof. Dr. O. Chwolson, St. Petersburg, Was. Ostr. 6, Linie Nr. 29 Qu. 3.
— Dr. A. Coehn, Göttingen, Obere Karspüle 16a.
— Dr. Dehms, Potsdam.
— Prof. Dr. C. Dieterici, Hannover.
— Prof. Dr. Dietrich, Stuttgart.
— Prof. Dr. E. Dorn, Halle a. S., Paradeplatz 7.
— Prof. Dr. P. Drude, Leipzig.
— Dr. E. v. Drygalski, W., Steglitzerstrasse 24.
— Dr. A. Ebeling, W., Winterfeldstrasse 30b.
— Dr. Edler, Charlottenburg, Grolmannstrasse 14.
— Prof. Dr. J. Elster, Wolfenbüttel.
— F. Ernecke, SW., Königgrätzerstrasse 112.
— Prof. Dr. M. Eschenhagen, Potsdam, Magnet. Observatorium.
— Dr. C. Färber, SO., Elisabethufer 41.

*) Berlin ist in dem Verzeichniss weggelassen.

Hr. Dr. Felgenträger, Potsdam, Meteorol. Institut.
— Dr. K. Feussner, Charlottenburg, Leibnitzstrasse 1.
— Prof. Dr. A. Fick, Würzburg.
— Prof. Dr. R. Finkener, W., Burggrafenstrasse 2a.
— Dr. K. Fischer, SW., Puttkamerstrasse 10.
— Dr. A. Franke, SW., Hagelsbergerstrasse 23.
— Dr. G. Freund, NW., Unter den Linden 69.
— Prof. Dr. O. Frölich, Steglitz, Hohenzollernstrasse 5.
— Prof. Dr. Fromme, Giessen.
— Prof. Dr. L. Fuchs, NW., Kronprinzenufer 24.
— R. Fuess in Steglitz, Düntherstrasse 8.
— Prof. Dr. J. Gad, Prag.
— Dr. A. Galle, Potsdam, Geodät. Institut.
— Prof. H. Geitel, Wolfenbüttel.
— Dr. H. Gerstmann, Charlottenburg, Uhlandstrasse 178.
— Dr. W. Giese, W., Bülowstr. 80.
— Prof. Dr. P. Glan, NW., Klopstockstrasse 65.
— Prof. Dr. E. Goldstein, SW., Königgrätzerstrasse 92.
— Prof. Dr. D. Goldhammer, Kasan.
— Prof. Dr. L. Grätz, München, Arcisstrasse 8.
— Dr. Th. Gross, Charlottenburg, Schlossstrasse 56.
— Prof. Dr. P. Groth, München XI.
— Prof. Dr. Grotrian, Aachen.
— Prof. Dr. L. Grunmach, W., Lutherstrasse 15.
— Prof. Dr. G. Gruss, Prag, Böhmische Sternwarte.
— Prof. Dr. S. Günther, München.
— Prof. Dr. P. Güssfeldt, NW., Beethovenstrasse 1.
— Dr. E. Gumlich, Charlottenburg, Schlüterstrasse 71.
— Dr. L. Hacker, Gross-Lichterfelde, Potsdamerstrasse 52.
— Wilh. Hänsch, S., Gitschinerstrasse 82.
— Dr. E. Häntzschel, W., Gleditschstrasse 43.
— Prof. Dr. E. Hagen, W., Kurfürstenstrasse 76.
— Prof. Dr. E. Hagenbach-Bischoff, Basel.
— H. Hahn, NW., Melanchthonstrasse 12.
— Prof. Dr. Hammerl, Innsbruck.
— G. Hansemann, W., Maassenst. 29.

Hr. Prof. Dr. G. Hauck, W., Bülowstrasse 6.
— Dr. B. Hecht, Königsberg i. Pr.
— Dr. Hecker, Potsdam, Geodät. Institut.
— F. v. Hefner-Alteneck, W., Hildebrand'sche Privatstrasse 9.
— Prof. Dr. G. Hellmann, W., Margarethenstrasse 2/3.
— Prof. Dr. K. Hensel, W., Kurfürstendamm 116.
— Prof. Dr. A. Heydweiller, Breslau.
— Prof. Dr. J. Hirschwald, Charlottenburg, Hardenbergstr. 9.
— Prof. J. H. van't Hoff, Charlottenburg, Uhlandstrasse 2.
— Dr. H. Hohnhorst, SW., Belle-alliancestrasse 80.
— Dr. L. Holborn, Charlottenburg, Schlossstrasse 3.
— Dr. K. Hollefreund, S., Alexandrinenstrasse 36.
— Prof. Dr. R. Hoppe, S., Prinzenstrasse 69.
— Dr. W. Howe, Westend bei Berlin, Kastanienallee 4.
— Prof. Hurmuzescu, Jassy.
— Prof. Dr. Hutt, Bernburg.
— Dr. W. Jaeger, Charlottenburg, Goethestrasse 16.
— Dr. E. Jahnke, Charlottenburg, Kantstrasse 24.
— Dr. K. Kahle, Charlottenburg, Lietzow 11.
— Prof. Dr. S. Kalischer, W., Ansbacherstrasse 14.
— Prof. Dr. G. Karsten, Kiel.
— Dr. C. Kassner, SW., Hallesche Strasse 20.
— Dr. W. Kaufmann, W., Magdeburgerstrasse 20.
— Prof. Dr. H. Kayser, Bonn.
— Prof. Dr. E. Ketteler, Münster i. W.
— Prof. Dr. J. Kiessling, Hamburg.
— O. Kiewel, W., Schinkelplatz 6.
— Dr. L. Klecki, Krakau, Wielopola 1.
— Prof. Dr. F. Klein, Göttingen.
— Prof. Dr. A. König, NW., Flemmingstrasse 1.
— Prof. Dr. W. König, Frankfurt a. M., Adlerflychstrasse 11.
— Dr. A. Köpsel, Zürich.
— Prof. Dr. F. Kötter, S., Annenstrasse 1.
— Prof. Dr. M. Koppe, O., Königsbergerstrasse 16.
— Prof. Dr. F. Kohlrausch, Charlottenburg, Marchstrasse 25.

Hr. Prof. Dr. W. Kohlrausch, Hannover.
— Prof. Dr. G. Krech, S., Brandenburgstrasse 43.
— Prof. Dr. V. Kremser, NW., Spenerstrasse 34.
— Dr. O. Krigar-Menzel, W.. Ansbacherstrasse 48.
— Prof. Dr. H. Kronecker, Bern.
— Dr. Kühnen, Potsdam, Geodät. Institut.
— Dr. F. Kurlbaum, W., Kurfürstendamm 31.
— Prof. Dr. E. Lampe, W., Kurfürstenstrasse 139.
— Prof. Dr. H. Landolt, W., Königgrätzerstrasse 123b.
— Prof. Dr. C. Lange, W., Lutherstrasse 47.
— Prof. Dr. J. Lange, SW., Möckernstrasse 85.
— Dr. E. Less, NW., Albrechtstrasse 18.
— Dr. L. Levy, W., Blumenthalstrasse 17.
— Prof. Dr. Liebisch, Göttingen.
— Prof. Dr. O. Liebreich, NW., Neustädtische Kirchstrasse 9.
— Dr. St. Lindeck in Charlottenburg, Goethestrasse 68.
— Dr. E. Loew, SW., Grossbeerenstrasse 1.
— Prof. Dr. E. v. Lommel, München, Kaiserstrasse 1.
— Prof. Dr. H. A. Lorentz, Leyden.
— Prof. Dr. G. Lübeck, N., Prenzlauer Allee 2.
— Prof. Dr. O, Lummer in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 68a.
— Dr. A. Mahlke, Charlottenburg, Spreestrasse 1b.
— Dr. G. Melander, Helsingfors.
— Dr. B. Meth, W., Lutherstr. 44.
— Dr. Ernst Meyer, SW., Grossgörschenstrasse 7.
— Prof. Dr. G. Meyer, Freiburg i. B., Ludwigstr. 6.
— Prof. Dr. O. E. Meyer, Breslau, Schuhbrücke.
— Dr. W. Meyer, NW., Moltkestrasse 4.
— Dr. C. Michaelis Potsdam, Schützenplatz 1b.
— Ministerialdirector Dr. P. Micke, W., Kleiststr. 15.
— Dr. James Moser, Wien.
— Dr. R. Müller, SW., Blücherstrasse 8.
— Dr. W. Müller-Erzbach, Bremen.
— Prof. Dr. A. Mütrich. Eberswalde.

Hr. Prof. Dr. H. Munk, W., Matthäikirchstrasse 4.
— Dr. R. Nahrwold, SW., Planufer 31.
— Prof. Dr. F. Neesen, W., Zietenstrasse 6c.
— Prof. Dr. W. Nernst Göttingen, Hertzb. Chaussee 13.
— Prof. Neubert Dresden.
— Prof. Dr. C. Neumann Leipzig.
— Major Nieber, W., Neue Winterfeldstrasse 3a.
— Prof. Dr. A. Oberbeck, Tübingen.
— Prof. Dr. A. v. Oettingen, Leipzig, Mozartstrasse 1.
— Prof. Dr. A. Paalzow, W., Wilhelmstrasse 50.
— Prof. Dr. J. Pernet, Zürich-Hottingen.
— Prof. Dr. L. Pfaundler Graz.
— Dr. J. Picker, Bensberg.
— Prof. Raoul Pictet, Paris, Rue Jean Goujou 37.
— Prof. Dr. M. Planck, W., Tauenzienstrasse 18a.
— Prof. Dr. L. Pochhammer, Kiel.
— Prof. Dr. F. Pockels Dresden.
— Prof. Dr. F. Poske, SW., Halleschestrasse 21.
— Prof. Dr. W. Preyer, Wiesbaden, Villa Panorama.
— Prof. Dr. E. Pringsheim, NW., Flensburgerstrasse 14.
— Dr. M. Prytz Kopenhagen, Falkonergaardsvej 12.
— Prof. Dr. G. Quincke Heidelberg, Friedrichsbau.
— Dr. R. Radau Paris.
— Dr. A. Raps, SW., Yorkstr. 66.
— Prof. Dr. Recknagel Augsburg.
— Prof. Dr. O. Reichel Charlottenburg, Bismarckstr. 126.
— Dr. W. Reiss, Schloss Könitz (Thüringen).
— Renisch, Essen.
— Prof. Dr. F. Richarz Greifswald.
— Dr. E. Richter, Charlottenburg, Knesebeckstrasse 90.
— Prof. Dr. E. Riecke, Göttingen.
— Dr. R. Ritter, München.
— Dr. M. v. Rohr, Jena.
— Dr. H. Rohrbeck, NW., Karlstrasse 24.
— Prof Dr. O. Rosenbach, W., Victoriastrasse 20.
— Prof. Dr. J. Rosenthal, Erlangen.
— Director Dr. F. Roth, Leipzig.
— Prof. Dr. H. Rubens, W., Ansbacherstrasse 13.
— Prof. Dr. Fr. Rüdorff, Charlottenburg, Marchstrasse 7e.

Hr. Prof. Dr. Rühlmann, Chemnitz.
— Prof. Dr. C. Runge, Hannover.
— Prof. Dr. Saalschütz, Königsberg in Pr.
— Prof.Dr. P. Schafheitlin, Charlottenburg, Joachimsthalerstr. 1.
— Dr. K. Scheel, Dtsch. Wilmersdorf b. Berlin, Holsteinischestr. 1.
— Prof. Dr. J. Scheiner, Potsdam, Astrophysikal. Observatorium.
— Dr. R. Schelske, NW., Beethovenstrasse 3.
— Prof. Dr. V. Schemmel, S., Urbanstrasse 176.
— Dr. Schenk, N., Strassburgerstr. 2.
— Prof. Dr. K. Schering, Darmstadt Hoffmannstrassse 48.
— M. Schlegel, W., Bellevuestr. 15.
— Dr. A. Schmidt, Gotha.
— Dr. Erich Schmidt, W., Passauerstrasse 39.
— Dr. Schönach Innsbruck.
— Dr. O. Schönrock, Charlottenburg, Bismarkstrasse 96.
— Prof. Dr. J. Scholz, S. Hasenheide 54.
— Prof. Dr. P. Scholz Steglitz, Fichtestr. 34.
— Dr. R. Scholz, Charlottenburg, Kantstrasse 147.
— Prof. F. Schotte, SW., Grossbeerenstrasse 27a.
— Dr. P. Schottländer, Charlottenburg, Göthestrasse 87.
— Dr. Schülke Osterode O./Pr.
— Dr. Franz Schütt, W., Kleistst. 31.
— Prof. Dr. B. Schwalbe, NW., Georgenstrasse 30/31.
— Dr. G. Schwalbe, NW., Georgenstrasse 30/31.
— R. Seebold, W. Landgrafenstr. 16.
— Frhr. v. Seher-Thoss, W., Hohenzollernstrasse 11.
— Dr. G. Sieben in Gross-Lichterfelde, Sternstr. 9.
— Dr. Siebert, Gross-Lichterfelde, Potsdamerstrasse 61.
— Wil. v. Siemens, W., Thiergartenstrasse 10.
— Prof. Dr. P. Silow, Warschau.
— Dr. W. Sklarek, W., Lützowstrasse 63.
— Prof. Dr. A. Slaby, Charlottenburg, Sophienstrasse 4.
— Dr. P. Spies, Charlottenburg, Uhlandstrasse 188.
— Prof. Dr. A. Sprung, Potsdam, Meteorol.-magnet. Observat.
— Dr. K. Strecker, Gross-Lichterfelde, Promenadenstrasse 9.

Hr. Prof. Dr. V. Strouhal, Prag, Clementinum.
— Dr. R. Süring, Potsdam, Meteorol.-magnet. Observat.
— Prof. Dr. M. Thiesen, Friedrichshagen, Ahornalle 10.
— Dr. B. v. Tietzen-Hennig, Posen.
— Prof. H. Thurein, N., Chausseestrasse 40.
— Dr. Fr. Vettin, SW., Bernburgerstrasse 24.
— Prof. Dr. R. Virchow, W., Schellingstrasse 10.
— Prof. Dr. H. C. Vogel Potsdam, Astrophysik. Observat.
— Prof. Dr. H. W. Vogel, Grunewald-Colonie, Schinkelstr. 4.
— Prof. Dr. P. Volkmann Königsberg i. Pr.-Tragheim, Kirchenstrasse 11.
— Dr. R. Wachsmuth, Göttingen, Grüner Weg 4.
— Prof. Dr. A. Wangerin Halle a. S., Burgstrasse 27.
— Prof. Dr. E. Warburg, NW., Neue Wilhelmstrasse 16.
— Dr. C. L. Weber, SW., Yorkstrasse 9.
— Prof. Dr. H. F. Weber, Zürich.
— Prof. Dr. L. Weber Kiel.
— Prof. Dr. W. Wedding, W., Kurfürstenstrasse 111.
— Prof. Dr. K. Weierstrass, W., Friedrich Wilhelmstrasse 14.
— Prof. Dr. J. Weingarten, W., Regentenstrasse 14.
— Prof. Dr. B. Weinstein, S., Urbanstrasse 1.
— Dr. K. Wesendonck, W., Wilhelmstrasse 66.
— Prof. H. F. Wiebe, Charlottenburg, Leibnitzstrasse 78a.
— Dr. E. Wiechert, Königsberg i. Pr.
— Prof. Dr. G. Wiedemann Leipzig, Thalstrasse 35.
— Prof. Dr. E. Wiedemann Erlangen.
— Dr. M. Wien, Würzburg. Pleicher Ring 8.
— Prof. Dr. W. Wien, Westend bei Berlin, Rüsternallee 8.
— Prof. Dr. O. Wiener, Giessen.
— Prof. Dr. J. Wilsing Potsdam, Astrophysikal. Observatorium.
— Dr. W. Wolff Charlottenburg, Uhlandstrasse 188.
— Prof. Dr. A. Wüllner Aachen.
— R. Wurtzel, NW., Luisenstrasse 62.
— Prof. Dr. W. v. Zahn, Leipzig.

Felde geändert wird. Es ist merkwürdig, dass im Jahre 1862 schon FARADAY mit den unvollkommenen Hülfsmitteln der damaligen Zeit den erstgenannten Versuch, obgleich mit negativem Erfolg, gemacht hat.[1])

Es wurde schon bemerkt, welches der allgemeine Anlass zu meinen eigenen Versuchen über die Magnetisirung der Spectrallinien war. Die Möglichkeit einer Aenderung der Periode versinnbildlichte ich mir anfangs durch Vergegenwärtigung der beschleunigenden und verzögernden Kräfte zwischen den Atomen und den MAXWELL'schen Molecularwirbeln, später durch ein von Lord KELVIN herrührendes Beispiel einer Koppelung eines schnell rotirenden Systems und eines Doppelpendels. Eine wirkliche Erklärung schien mir jedoch aus der Theorie der electrischen Erscheinungen von Prof. LORENTZ gefolgert werden zu können. In dieser Theorie wird vorausgesetzt, dass in allen Körpern kleine, electrisch geladene Massentheilchen sich befinden, dass alle electrischen Vorgänge auf der Lagerung und Bewegung dieser „Ionen" beruhen und dass die Lichtschwingungen Vibrationen der Ionen sind. In einem magnetischen Felde schienen mir nun auf die Ionen gerade Kräfte der zur Erklärung genügenden Art zu wirken. Hr. Prof. LORENTZ, dem ich diese Idee mittheilte, hatte sogleich die Liebenswürdigkeit, mir anzugeben, wie sich die Bewegung der Ionen berechnen liesse und machte weiter die Bemerkung, dass, falls die Erklärung richtig wäre, die Ränder einer magnetisch verbreiterten Spectrallinie circular polarisirt sein müssten, im Falle man in der Richtung der Kraftlinien in die Flamme hineinsieht; aus der Grösse der Verbreiterung würde sich dann das Verhältniss zwischen Ladung e und Masse m eines „Ions" berechnen lassen. Ich habe nun mit einer Viertelwellenlängenplatte und Analysator gefunden, dass wirklich die Ränder der magnetisch verbreiterten Linie, falls die Kraftlinien parallel zur Sehlinie verlaufen, circular polarisirt sind. Aus einer allerdings sehr rohen Messung der Verbreiterung ergiebt sich e/m von der Ordnung 10^7, wofern e in electromagnetischem Maasse ausgedrückt ist. Betrachtet man dagegen die Flamme in der Richtung senkrecht zu den

1) MAXWELL, Collected works II. p. 790.

Kraftlinien, dann finde ich die Ränder der Spectrallinie linear polarisirt, wie es auch die Theorie verlangt. Es ist in dieser Weise ein directer Beweis für das Bestehen der Ionen gefunden.

Diese Untersuchung wurde ausgeführt im Physikalischen Institut der Universität in Leyden und wird in Bälde ausführlicher in den „Communications of the Leyden Laboratory" veröffentlicht werden. Ich möchte an dieser Stelle dem Director des Instituts, Hrn. Prof. Kamerlingh Onnes, meinen verbindlichsten Dank aussprechen für das unschätzbare Interesse, mit dem er der Sache entgegengekommen ist.

Ueber Drehung der Polarisationsebene des Lichtes durch oscillirende Entladungen; von Th. Des Coudres.

(Vorgelegt am 18. December 1896.)

(Vgl. oben p. 127.)

Mit der von Bichat und Blondlot aufgefundenen Drehung der Polarisationsebene des Lichtes durch Leidener Flaschenentladungen hat sich wohl zuletzt O. Lodge [1]) beschäftigt. Er hielt es für erwünscht zu entscheiden, ob die electromagnetische Drehung noch Schwingungen von mehreren Millionen Zeichenwechseln in der Sekunde zu folgen vermag. In diesem Falle könne nämlich kein Zweifel mehr bestehen, dass Villari's [2]) Folgerungen aus seinen Versuchen mit rotirendem Glase unrichtig seien. Trotzdem scheint Lodge nicht über die Polwechselzahl 70000 pro Secunde hinausgekommen zu sein.

Auf welcherlei Hindernisse er stiess, giebt Lodge nicht an. Dass aber meine auf das gleiche Ziel gerichteten Bemühungen vor zehn Jahren hier im Berliner Institute fehl geschlagen waren, das hatte einen sehr trivialen Grund, wie sich bei Wiederaufnahme der Experimente diesen Sommer in Göttingen ergab. Getraut man sich mit der Windungszahl der Spule von der eines Inductionsapparates aus nicht gleich gründlich herunterzugehen und wickelt darum immer noch in mehreren Lagen übereinander, so überschätzt man meist die Widerstandsfähigkeit der üblichen Drahtumhüllungen. Die Flaschenentladung folgt dann nicht der Kupferseele, sondern bricht unbemerkt irgendwo quer durch die Isolation.

Bequem aufzuzeigen ist dagegen der Effekt z. B. mit den zwanzig Umgängen der Spirale in den Kohlrausch'schen Ampèremetern für 200 Ampere von Hartmann und Braun. Bei Verwendung einer Leidener Flasche von etwa 1400 cm

1) O. Lodge, Phil. Mag. (5) **27.** p. 339, 1889.

2) Villari, Pogg. Ann. **149.** p. 324, 1873.

Capacität giebt CS_2 in einem Saccharimeterrohre zwischen gekreuzten Nikols schon bei 2,5 mm Schlagweite ein deutliches, bei 5 mm ein sehr helles Aufleuchten der zuvor auf möglichst dunkel eingestellten positiven Kohle eines VOLTA'schen Lichtbogens. Der Widerstand des metallisch leitenden Stromkreistheiles spielt bei so wenigen Windungen eine sehr untergeordnete Rolle. Man konnte ihn im vorliegenden Falle durch Einschaltung dünner Kohlestäbchen verhundertfachen, ohne dass der optische Effekt sichtbar geschwächt wurde. Es bedarf demgemäss nur der geringsten Mittel, es genügt einen nicht allzu feinen Kupferdraht in etwa zwanzig Spiralwindungen um das Rohr eines MITSCHERLICH'schen Polarisasionsapparates zu schlingen, um die Drehung der Polarisationsebene mit einer kleinen Leidener Flasche nicht nur bei Schwefelkohlenstoff oder Benzol, sondern auch bei Wasser-, bei Salz- und bei Säurelösungen zu beobachten. Bedingung ist nur gute Optik, das heisst: unverletzte Nikols, schlierenfreie Flüssigkeit, spannungsfreie Verschlussplatten, intensive Lichtquelle, dunkles Zimmer, Abblendung der störenden Wandreflexe. Bei der Mehrzahl meiner Versuche betrug C die Capacität des Condensators sicher weniger als 900 cm statisch und die Selbstinduction des Schliessungskreises S sicher weniger als 3000 cm magnetisch gemessen, was also etwa sechs Millionen Wechseln in der Sekunde entsprechen würde.

Grösser sind die Schwierigkeiten, wenn man sich die gleiche Aufgabe für stark magnetische Stoffe stellt. Hr. Prof. BICHAT war 1886 nach meinen ersten Misserfolgen so liebenswürdig, mir mitzutheilen, dass er selbst über die Sache zu arbeiten gedenke. Doch ist seither nichts darüber erschienen.

Die einzige Substanz, deren negative magnetische Drehung in Lösung die positive der Lösungsmittel überwiegen kann, ist Eisenchlorid. Besonders günstig liegen die Verhältnisse in dieser Beziehung bei den concentrirten Eisenchloridlösungen in Holzgeist. Sie drehen doppelt so stark negativ als FARADAY'sches Glas positiv dreht. Nun sind aber gerade die Eisenchloridlösungen überaus intensiv gefärbt. Eine solche in Methylalkohol vom spec. Gew. 1,51 bei 15° C., wie sie bei meinen Versuchen zur Verwendung kam, gestattete nur durch eine Schicht von 6 mm Dicke mit gekreuzten Nikols genügend